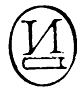


ПЕЧАТЬ ФОТОСНИМКОВ

В. А. Яштолд-Говорко

ПЕЧАТЬ ФОТОСНИМКОВ

Издание второе, исправленное и дополненное



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ИСКУССТВО» МОСКВА 1969

6П9.7
Я 96

Практическое руководство по позитивному процессу черно-белой фотографии. Рассматриваются негативы с точки зрения пригодности для печати, описываются способы их подготовки. Изложены фотографические свойства фотобумаг, даны характеристики отечественных фотобумаг.

Рассмотрены различные приемы контактной и проекционной печати, способы обработки фотобумаги и исправления позитивного изображения.

Книга рассчитана на хорошо подготовленного фотолюбителя.

Таблиц 23. Рисунков 125.

3-21-4
178-69

От автора

Выразительность фотоснимка зависит от его содержания, композиции изображения и совершенства фотографической печати. Зрителя не интересует, как производилась съемка и как выполнялся негативный процесс. Он оценивает работу фотографа по фотоотпечатку. Фотографу же, чтобы получить хороший фотоотпечаток, приходится учитывать все предшествующие стадии фотографического процесса. Поэтому печать фотоснимков рассматривается не изолированно, а в связи со съемочно-негативным процессом, вследствие чего в книге изложено в элементарном виде тоновоспроизведение в зависимости от сенситометрических параметров негативного фотоматериала и оптических свойств объекта съемки.

Все стадии позитивного процесса описаны с практическим уклоном, причем наиболее полно освещена проекционная фотографическая печать, используемая в настоящее время значительно шире контактной печати. Теория этих процессов дана в минимальном объеме, необходимом для понимания сущности явлений, происходящих при печати и обработке фотоснимков.

Книга рассчитана на подготовленного фотолюбителя, хорошо знакомого с фотографией и желающего углубить свои знания в этой области.

Автором была использована следующая литература: К. Миз «Теория фотографических процессов»; Ю. Н. Гороховский и Т. М. Левенберг «Общая сенситометрия»; И. Б. Блюмберг «Технология обработки кинофотоматериалов»; К. Мархилевич и др. «Современное развитие фотографических процессов»; К. Б. Неблит «Фотография»; Д. З. Бунимович «Увеличение фотоснимков»; В. Г. Бушкин «Техническая ретушь»; E. Mutter «Die Technik der Negativ- und Positivferfahren»; L. Lühr und G. Hübler «Rezepte»; G. Teichner «Handbuch der Fototechnik»; D. Krafft und R. Steiner «Lehrbuch für Fotografen» и др.

Введение

Позитивное фотографическое изображение на галогенидо-серебряных фотоматериалах получают тремя способами: процессом обращения, процессом с диффузным переносом и негативно-позитивным процессом.

Сущность процесса обращения состоит в том, что после обычного проявления экспонированного фотоматериала не производят закрепление (фиксирование) негатива, т. е. не удаляют непроявленные галогениды серебра, а растворяют металлическое серебро негативного изображения и удаляют его из слоя. Затем оставшиеся в слое галогениды серебра засвечивают и проявляют, в результате чего получают позитивное изображение, которое закрепляется фиксированием и промывкой.

Для процесса обращения промышленность выпускает специальную обратимую кинопленку. Она наиболее распространена в любительской кинематографии, так как исключает печать с кинонегатива позитивной копии. Этот процесс также используется для непосредственного получения на реверсивной (обратимой) фотобумаге позитивных копий для технической документации.

Сущность процесса с диффузным переносом заключается в том, что после съемки и обработки в течение одной-двух минут получают одновременно негатив и позитив на бумаге. Для чего используется фотоаппарат специальной конструкции и комплект фотоматериалов к нему.

Комплект состоит из двух бумажных лент, на одну из которых нанесена высокочувствительная негативная эмульсия, а на другую — лаковый приемный несветочувствительный слой, содержащий мельчайшие частицы металлического серебра, которые введены в слой при изготовлении ленты. На ленте с лаковым покрытием имеются насечки, служащие для отделения готовых отпечатков друг от друга. Около каждой насечки укреплена капсула с вязким, как паста, проявляюще-фиксирующим составом.

После экспонирования негативную ленту протягивают в кассете, в результате чего она соприкасается с лентой с лаковым покрытием. При перемещении ленты капсула раздавливается валиками, расположенными в кассетной части фотоаппарата, и ее содержимое равномерно распределяется между лентами. С этого момента начинается процесс образования негативного и позитивного изображений, который завершается через 1—2 *мин.* Затем бумагу отрывают по линии насечек. На воздухе пастообразный проявляюще-фиксирующий состав отслаивается, и полученный снимок становится сухим. Для сохранности его покрывают стабилизирующим раствором или промывают обычным способом, а затем высушивают.

В негативно-позитивном процессе в результате съемки и последующей лабораторной обработки сначала получают негатив, с которого затем печатают в требуемом масштабе необходимое количество позитивов — фотографических отпечатков или диапозитивов. Задача фотографа заключается в том, чтобы в негативной стадии процесса возможно точнее передать почернениями на негативе различия яркостей фотографируемого объекта, т. е. воспроизвести на негативе наибольшее количество деталей объекта, или, как сейчас принято говорить, получить на нем возможно полную информацию об объекте съемки. С такого негатива легко получить отличный отпечаток.

Автоматизация съемочного процесса с помощью электронных устройств в фотоаппаратах и современные высокочувствительные негативные фотоматериалы облегчают эту задачу.

Техника негативного процесса сейчас так разработана, что фотолюбителю при обработке снятой фотопленки приходится следить только за температурой раствора и продолжительностью проявления.

Позитивный процесс не достиг еще такой степени совершенства и фотобумага не обладает подобно фотопленке достаточно универсальными свойствами, поэтому при печати снимков, в зависимости от параметров негатива, используют различные ее сорта. Проявление в обычной фотографической практике не автоматизировано и обработку фотобумаги производят с визуальным контролем.

В этом — трудность получения фотоотпечатка, изображение на котором явилось бы совершенным воспроизведением оригинала, т. е. впечатление, получаемое от позитива, должно соответствовать впечатлению, возникаю-

щему, когда объект непосредственно рассматривается. Для этого соотношение яркостей у позитива должно быть таким же, как у объекта, т. е. если у объекта какой-либо участок вдвое ярче другого, то и их изображения по яркости должны отличаться в два раза.

Когда фотограф ставит перед собой композиционно специфическую задачу, например съемку пейзажа днем под «ночной снимок», то у такого негатива яркости объекта будут переданы с технической точки зрения искаженно, но правильно с точки зрения поставленной задачи. Однако и в этом случае знание закономерностей образования фотографического изображения помогает фотографу получить лучший из возможных отпечаток, создающий впечатление ночного снимка.

В данной книге рассматривается только техника получения фотоотпечатков с негативов, съемочно-негативный процесс кратко освещается, так как без этих сведений понимание позитивного процесса будет затруднено. Методы исправления дефектов негативов автор относит к позитивному процессу. Этому вопросу посвящена специальная глава.

В позитивном процессе используется больше оборудования, чем в негативном, поэтому желательно иметь фотолабораторию. В главе приведены требования, предъявляемые к помещению под фотолабораторию, и даны указания, как ее освещать. Перечислены основной инвентарь и оборудование, наличие которых не только облегчает работу, но и способствует получению отличных фотоснимков.

1. ФОТОЛАБОРАТОРИЯ

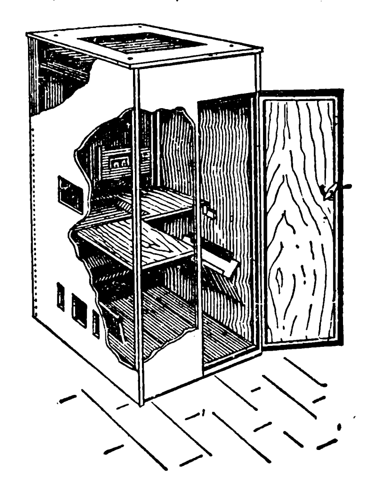
1. ФОТОЛАБОРАТОРИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Для фотолаборатории пригодно любое затемненное помещение площадью не менее 3—4 $м^2$. Желательно наличие водопровода и канализации, так как на промывку фотоотпечатков расходуется много воды. Чтобы при входе в фотолабораторию исключить засветку фотобумаги, у двери устраивают тамбур со шторой из 2—3 слоев плотной черной материи, например молескина.

Если помещение имеет окно, то его закрывают такой же шторой или щитом. Стены фотолаборатории лучше окрасить белой или кремовой масляной краской, а потолок побелить мелом, так как их светлая окраска увеличивает освещенность помещения.

Для нормального проявления и фиксирования фотопленки и фотобумаги температура воздуха в лаборатории должна быть 18—20°.

Фотолюбители, стесненные в площади, могут устроить фотолабораторию-шкаф в 1,5—2 $м^2$ и высотой 2 *м* (рис. 1). Шкаф обязательно должен вентилироваться. Для этого в одной из его стенок внизу делают отдушину для притока воздуха, а потолок — двойным с вентиляционными щелями для выхода воздуха. Отдушину, чтобы через нее не проникал свет, перекрывают щитком, отстоящим от стенки на 5—6 *см*. Для лучшего поглощения света щиток и вентиляционный канал окрашивают черной матовой краской.



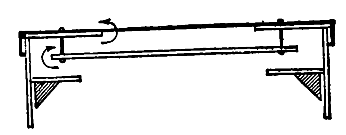


Рис. 1.
Фотолаборатория-шкаф. Внизу дана схема вентиляционного устройства

2. ОСВЕЩЕНИЕ ФОТОЛАБОРАТОРИИ

Фотографические работы проводят при неактиничном освещении, которое получают с помощью защитного светофильтра, установленного перед источником света лабораторного фонаря. Назначение светофильтра — так изменить спектральный состав светового потока, излучаемого электролампой, чтобы он не действовал за время обработки фотоматериала на его светочувствительный слой. Одновременно с этим он должен обеспечить и достаточно яркое визуальное освещение фотолаборатории, так как ее слабое освещение затрудняет контроль за проявлением фотобумаги. Надо учитывать, что длительное действие неактиничного освещения вызывает вуаль на фотобумаге, поэтому ее не следует держать под горящим лабораторным фонарем более 6—8 *мин*. Вуаль образуют актиничные лучи, пропускаемые в очень незначительном количестве даже хорошим светофильтром.

Все сорта фотобумаг общего назначения рекомендуется обрабатывать при желто-зеленом освещении фотолаборатории, которое, являясь визуально очень ярким, обладает достаточной неактиничностью. Его получают с помощью желто-зеленого защитного светофильтра.

При отсутствии такого светофильтра обработку бромосеребряных фотобумаг ведут при светло-красном освещении, хлоробромосеребряных — при оранжевом. Для этой цели отечественная промышленность выпускает защитные светофильтры: желто-зеленый № 113, светло-красный и оранжевый.

Лабораторные фонари бывают двух типов: прямого освещения и освещения отраженным светом. У первого типа электролампа мощностью до 25 *вт* помещена против светофильтра, отчего фотоматериал освещается прямыми лучами. В фонаре второго типа электролампа мощностью до 60 *вт* установлена над светофильтром и освещает только рефлектор фонаря, который отражает лучи света на светофильтр. Употреблять более мощные электролампы не следует, так как возможно вуалирование фотоматериала.

Фонари с отраженным светом считаются лучшими по сравнению с фонарями с прямым светом, так как под ними фотобумага вуалируется через более длительное время, чем под вторыми.

Отечественная промышленность выпускает настольные лабораторные фонари прямого освещения следующих типов: прямоугольный ЛФ-2 и цилиндрический, у обоих размер защитного светофильтра 10×15 *см*; круглые ФС-1 и ФС-2, диаметр защитного светофильтра которых 11,5 *см*.

Приобретя лабораторный фонарь, нужно проверить, не вуалирует ли его светофильтр фотобумагу. Для этого, например, под фонарем со светло-красным светофильтром экспонируют бромосеребряную фотобумагу. Перед проверкой ее лист форматом 13×18 *см* закрывают черной неактиничной бумагой и кладут его на расстоянии 0,5 *м* от фонаря, в который вставлен испытываемый светофильтр. Затем сдвигают неактиничную бумагу на $^1/_5$ формата фотобумаги и экспонируют открытую полоску 1 *мин*. После чего черную бумагу вновь отодвигают на $^1/_5$ формата и снова освещают 1 *мин*. Эту операцию повторяют еще два раза.

В результате на фотобумаге будет четыре различно экспонированные полоски (1, 2, 3 и 4 *мин*) и одна полоска, не подвергавшаяся воздействию света. Освещенную таким образом фотобумагу проявляют, закрыв кювету листом картона. Затем фотобумагу фиксируют, промывают и высушивают.

Если светофильтр хороший, то разницы между неосвещенной и экспонированными полосками фотобумаги быть

не должно. Слабое почернение полоски, освещавшейся 3 *мин*, указывает, что светофильтр слегка пропускает актиничные лучи. При отсутствии другого светофильтра им еще можно пользоваться, но предохраняя фотобумагу от непосредственного освещения фонарем. Если же почернели полоски, экспонированные 1—2 *мин*, то светофильтр надо заменить новым.

Аналогично проверяют качество оранжевого и желтого светофильтров, только для испытания первого берут хлоробромосеребряную фотобумагу, а второго — хлоросеребряную, экспонируя их 0,5; 1; 2; 3 *мин*.

Красители, которыми окрашен светофильтр, в течение времени выцветают и начинают пропускать актиничные лучи и вуалировать фотобумагу. Поэтому проверку светофильтров лабораторных фонарей рекомендуется производить раз в два-три месяца, разумеется, если ими пользуются каждый день.

От перегрева фонаря желатиновый слой светофильтра часто лопается. Такой светофильтр немедленно заменяют новым — иначе образование вуали обеспечено.

Если запасного светофильтра нет, то образовавшиеся трещины заклеивают узкой полоской черной неактиничной бумаги.

Устраивать «неактиничное освещение», обтягивая электролампу красной материей или бумагой, нельзя: в этом случае фотобумага всегда будет засвечена.

Освещение фотолаборатории разделяется на общее и местное. Для общего освещения фонарь с оранжевым светофильтром подвешивают под потолком светофильтром вверх. Если потолок в фотолаборатории не белый, то для увеличения отражения света 1—1,5 $м^2$ потолка над фонарем окрашивают белой масляной краской. Для местного освещения лабораторный фонарь устанавливают около рабочего места, но не ближе 0,5 *м* от него. В фотолаборатории-шкафе используется только местное освещение.

3. РАБОЧИЙ ИНВЕНТАРЬ И ОБОРУДОВАНИЕ ФОТОЛАБОРАТОРИИ

Для успешного проведения позитивного процесса необходим некоторый минимум оборудования. Основным оборудованием являются копировальный станок, фотоувеличитель (они описаны в § 39 и в § 53) и лабораторный стол, наличие которого значительно облегчает обработку фотобумаги. Стол с приставной тумбочкой для фотоувеличи-

теля или копировального станка (рис. 2) используется для мокрых и сухих работ. На рис. 3 дан схематический чертеж этого стола.

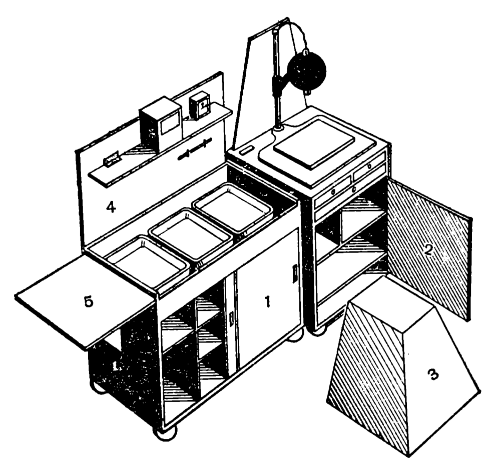


Рис. 2.
Лабораторный стол: *1* — основание, *2* — приставная тумбочка, *3* — колпак-футляр для фотоувеличителя, *4* — откидная крышка стола, *5* — откидная доска

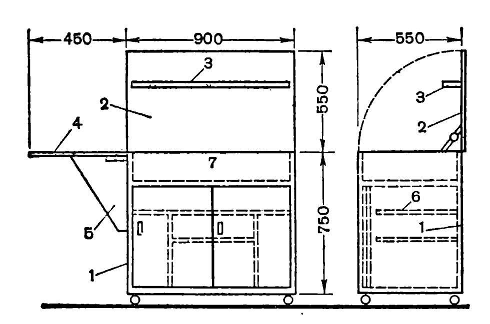


Рис. 3.
Эскизный чертеж лабораторного стола: *1* — основание; *2* — откидная крышка с полкой *3* для растворов и лабораторного фонаря; *4* — откидная доска с упором *5*; *6* — внутренние полки; *7* — открытый ящик для кювет. Размеры в *мм*

Ящик для кювет шпаклюют грунтом глифталиевым № 138А, затем покрывают химически стойким лаком «П» или битумным черным лаком в два слоя. Его также можно облицевать листовым винипластом или оргстеклом. Делать это оцинкованным железом не следует, так как железо под

действием растворов быстро разрушается от коррозии. На дно ящика устанавливают деревянную решетку, на которую ставят кюветы.

На рис. 4 дан схематический чертеж тумбочки для фотоувеличителя.

Проявление и фиксирование позитивов производят в кюветах, размер которых определяет формат максимального увеличения. Перекладывание отпечатков в кювете с проявителем, во избежание окрашивания пальцев и ногтей рук, производят пинцетом из нержавеющей стали или пластмассы. Промывку фотоотпечатков до 18×24 *см* производят в кювете размером не менее 30×40 *см*, так как в небольшой кювете фотоотпечатки, если их много, промываются плохо. Промывка требует много воды. Чтобы уменьшить ее расход, промывать фотоснимки рекомендуется каскадным способом. Для чего изготовляют подставку из дерева (рис. 5).

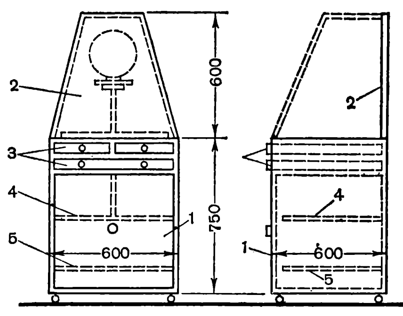


Рис. 4.
Эскизный чертеж тумбочки для фотоувеличителя: *1* — основание тумбочки; *2* — колпак-футляр для фотоувеличителя; *3* — ящики для фотобумаги; *4*—*5* — полочки для различного оборудования. Размеры в *мм*

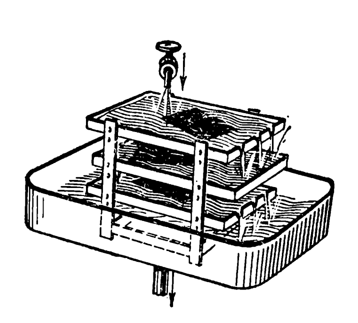


Рис. 5.
Станочек для каскадной промывки фотоотпечатков

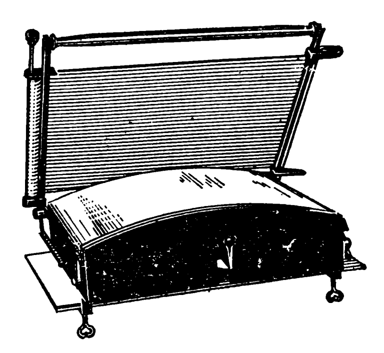


Рис. 6.
Электроглянцеватель

На нее укладывают три плоские кюветы из винипласта или оргстекла. В одной из стенок каждой кюветы для стока воды делают по 3—4 выреза глубиной в $^1/_3$ высоты кюветы. Промывка фотоотпечатков происходит следу-

ющим образом: вода из водопровода поступает в первую кювету, из которой переливается во вторую, а из нее — в третью, а затем — в канализацию. Каскадная промывка сокращает расход воды пропорционально числу установленных кювет.

Взвешивание веществ при составлении фотографических растворов производят на так называемых аптекарских весах, точность взвешивания на которых вполне достаточна для фотографических целей.

Жидкости отмеривают мензуркой. Более удобны цилиндрические мензурки, так как ими можно точнее измерить объем жидкости. Для измерения температуры растворов необходим термометр, градуированный на 50°.

Сушку фотоотпечатков производят на марле, натянутой на деревянную раму. Электроглянцеватели типа ЭН-9 и ЭФГ, выпускаемые отечественной промышленностью,

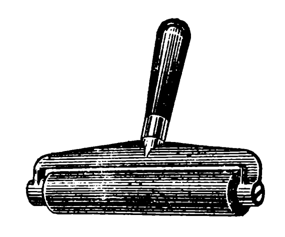


Рис. 7.
Резиновый валик

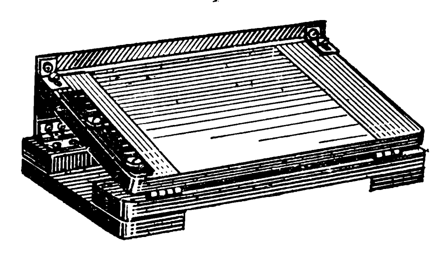


Рис. 8.
Резак для обрезки фотоотпечатков

позволяют быстро сушить и глянцевать фотоотпечатки (рис. 6). Для этой цели также применяют зеркальные стекла, к которым мокрые фотоотпечатки прикатывают резиновым валиком (рис. 7).

Фотоотпечатки обрезают резаком. В продаже имеются резаки, дающие обрез с прямым и неровным узорчатым краем. Резак типа ножниц показан на рис. 8.

4. ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ФОТОРАБОТ

Химические вещества по степени чистоты, т. е. содержанию примесей, выпускаются следующих квалификаций: 1 — технические (техн.), 2 — очищенные (оч.), 3 — чистые (ч.), 4 — чистые для анализа (ч. д. а.), 5 — химически чистые (х. ч.). Наименьшую чистоту имеют технические вещества, наибольшую — химически чистые. Кроме перечисленных промышленность выпускает вещества квалификации «Фото».

Для приготовления растворов, используемых в позитивном процессе, вполне подходят вещества квалификации «Технические», «Очищенные» и «Фото». Более чистые вещества из-за их дороговизны обычно не употребляют.

Использовать химикаты, продаваемые в магазинах хозторга, москательных и строительных материалов, нельзя, так как они содержат много примесей других веществ, которые вредно действуют на процессы, происходящие при обработке фотоматериалов. Вещества для фотографии надо приобретать в магазинах фототоваров, «Химреактив» и в аптеках.

Почти все вещества нужно хранить в стеклянной посуде: жидкости — в склянках, а твердые химикалии — в банках со стеклянными притертыми или корковыми пробками. Вещества, чувствительные к свету, хранятся в темном шкафу или в посуде из темного стекла, но не на прямом солнечном свету. Все химические вещества рекомендуется держать не в фотолаборатории, так как от сырости они часто портятся. На банки и склянки обязательно наклеивают этикетки — иначе вещества легко перепутать. Надписи на таре делают тушью, так как чернила часто выцветают. Банки с ядовитыми веществами должны иметь надпись «Яд». Их хранят под запором. На банки с едкими и огнеопасными веществами наклеивают этикетки «Едкое», «Огнеопасное» и т. д.

Даем краткие указания, как надо хранить наиболее употребительные вещества.

1. Хорошо сохраняются и не требуют особых предосторожностей, кроме хранения в сухом месте, следующие химикалии: тиосульфат натрия (гипосульфит фото), квасцы алюмокалиевые, бура, борная кислота, двухромовокислый калий, бромистый калий, железистосинеродистый калий (красная кровяная соль), глауберова соль.

2. Химикалии, которые следует держать в банках с плотно закрывающейся корковой пробкой: гидрохинон, метол, парааминофенол, глицин, едкий натр, едкое кали, сульфит натрия, квасцы хромовые, сернистый натрий.

3. Едкие и летучие вещества хранят в посуде с хорошо притертой стеклянной пробкой. К ним относятся: уксусная, соляная и серная кислоты, спирт, формалин и аммиак (нашатырный спирт).

Стеклянную пробку иногда заедает (от долгого стояния), потому ее трудно бывает открыть. Если слегка подогреть горящей спичкой горлышко банки или склянки, то

обычно пробка легко вынимается. Чтобы горлышко банки не лопнуло при подогревании, банку необходимо все время вращать.

5. ПРАВИЛА СОДЕРЖАНИЯ ФОТОЛАБОРАТОРИИ

Фотолаборатория должна хорошо проветриваться, иначе на стенах может появиться плесень. Пол в ней необходимо мыть не реже одного раза в две недели. Пролитые растворы надо немедленно вытирать, так как вещества, находящиеся в них, высохнув, превращаются в пыль, которая, попадая в другие растворы или на светочувствительный слой фотобумаги, образует на позитиве пятна, точки и вуаль.

Кюветы и сосуды, в которых растворяют вещества, должны быть всегда чистыми, так как от грязи на фотоотпечатках образуются пятна, вуаль и т. д. Особенно надо следить за чистотой кювет и время от времени основательно их чистить.

Одним из лучших растворов для удаления всех видов осадков на стеклянных и фаянсовых кюветах является хромовая смесь.

РАСТВОР ДЛЯ ЧИСТКИ № 1

Двухромовокислый калий	**90 *г***
Серная кислота концентрированная или аккумуляторная	**100 *мл***
Вода	**до 1000 *мл***

Примечания.

1. Серную или аккумуляторную кислоту вливают в воду, что безопасно. Если лить воду в кислоту, произойдет разбрызгивание жидкости, капли которой, попадая на кожу рук и лица, вызовут сильный ожог. Не забывайте это правило при составлении любого рецепта, в состав которого входит серная кислота любых сортов.

2. Хранят хромовую смесь в склянке с притертой стеклянной пробкой.

3. Использованную хромовую смесь нельзя выливать в канализацию, так как она разъедает трубы.

Из-за едкости и ядовитости хромовой смеси работать с ней надо в резиновых перчатках. После очистки кюветы споласкивают несколько раз чистой водой. Предупреждаем, что эмалированные и пластмассовые кюветы этой смесью чистить нельзя.

Для очистки кювет пользуются также следующими растворами.

1. *Черный осадок серебра* снимают кислым раствором марганцевокислого калия.

РАСТВОР ДЛЯ ЧИСТКИ № 2

Марганцевокислый калий	**5** *г*
Серная кислота концентрированная . .	**10** *мл*
Вода	**до 1** *л*

Подогретый раствор наливают в кювету на 8—10 *мин*, затем ее споласкивают чистой водой и промывают 5%-ным раствором метабисульфита калия или соды. После чего кювету вновь споласкивают чистой водой.

Осадок серебра можно также удалить, протирая кювету тампоном, смоченным ослабителем с красной кровяной солью, рецепт которого приведен в § 15.

2. *Осадок тиосульфата натрия* снимают 20%-ным горячим раствором соды с последующей тщательной промывкой водой.

3. *Окраску продуктами окисления проявителя* удаляют 10—15%-ным раствором соляной кислоты. После чего кювету промывают сначала 5%-ным раствором соды, а затем водой.

Правильная оценка фотографических свойств негатива облегчает получение отличного позитива с минимальным количеством проб или устанавливает, что этой цели невозможно достигнуть. В главе излагаются сущность и значение только тех показателей негатива, которые необходимо учитывать при фотографической печати. Без этих сведений освоение позитивного процесса потребует длительного времени и будет сопровождаться большим числом грубых ошибок, избежать которых на практике без знания теории невозможно.

2. ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕГАТИВА

6. ПОНЯТИЕ ОБ ОПТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ПОЧЕРНЕНИЙ НЕГАТИВА

Негативное изображение на фотопленке или фотопластинке состоит из частиц металлического серебра. Их совокупность образует *фотографическое почернение*. Световой поток, проходя через него, поглощается, отчего ослабляется.

От величины поглощения светового потока зависит степень непрозрачности почернения при рассматривании на свет.

Разберем этот вопрос подробнее, для чего воспользуемся негативом морского пейзажа (рис. 9). Условия его съемки: ясный солнечный день, освещенность пейзажа 100 000 *лк*, выдержка $^1/_{100}$ *сек*, относительное отверстие объектива 1 : 11, продолжительность проявления 6 *мин* в стандартном проявителе.

Если посмотреть через негатив на свет, то легко установить, что изображения неба, моря и силуэта дерева

имеют различную непрозрачность: наибольшей она будет у неба, наименьшей — у дерева. Степень непрозрачности негативного изображения зависит от количества металлического серебра, восстановленного при проявлении,— чем его больше, тем непрозрачнее участок изображения, тем значительнее уменьшится интенсивность светового потока,



Рис. 9.
Негативное изображение

проходящего через него. Так, малое количество металлического серебра, составляющее изображение дерева, ослабит световой поток в меньшей степени, чем большое количество серебра на изображении неба.

Непрозрачность измеряют отношением светового потока, упавшего на негатив (F_0), к световому потоку, прошедшему через него (F_n), т. е.

$$O = \frac{F_0}{F_n}, \tag{1}$$

где O — непрозрачность, иногда называемая еще коэффициентом поглощения. F_n всегда меньше F_0.

Предположим, что на негатив падает световой поток в 1000 люменов*, излучаемый электролампой в 100 *вт*, из ко-

---

* Люмен (*лм*) — единица измерения светового потока, который представляет собой мощность видимого излучения. Один люмен есть световой поток, испускаемый кусочком платины площадью 0,5305 *мм*² при температуре ее затвердевания (2042°K).

торых небо пропускает 1 *лм*, море 10 *лм*, а дерево 500 *лм*. В этом случае непрозрачность неба $O=1000:1=1000$, моря $O=1000:10=100$, а дерева $O=1000:500=2$. Непрозрачность указывает, во сколько раз ослабляется (поглощается) световой поток, проходя через почернение при фотографической печати. Ее численная величина больше единицы и лишь при полной прозрачности слоя равняется ей.

Для удобства расчетов степень почернения слоя выражают не непосредственно его непрозрачностью, а десятичным логарифмом непрозрачности. Эта величина называется *оптической плотностью почернения* (D), т. е.

$$\lg O = D. \qquad (2)$$

В вышеприведенном примере оптическая плотность почернения неба $D=3$, так как $\lg 1000=3$, моря $D=2$ ($\lg 100=2$), а дерева $D=0{,}3$ ($\lg 2=0{,}3$).

Оптическая плотность показывает также, во сколько раз почернение ослабляет проходящий свет при фотографической печати, но только в логарифмическом выражении.

В фотографической практике оптические плотности почернений могут лежать между 0 и 3, где нуль соответствует полной прозрачности слоя, т. е. отсутствию поглощения, а 3 — практической полной его непрозрачности, т. е. отсутствию пропускания (табл. 1). Например, через почернение с оптической плотностью 0,5 пройдет 32% падающего светового потока; почернение же с оптической плотностью 2,5 пропустит 0,3% падающих лучей, т. е. интенсивности прошедших световых потоков будут отличаться почти в 100 раз. Как мы увидим далее, фотографическая бумага при печати не может воспроизвести такое различие интенсивности световых потоков, поэтому, проводя негативный процесс, надо стремиться получить негативы, минимальная и максимальная оптические плотности которых отличались бы не более чем на 1,5, например, если первая равна 0,3, то вторая должна быть не выше 1,8 и т. д.

Из таблицы 1 видно, что увеличение оптической плотности на 0,3 соответствует увеличению непрозрачности вдвое. Поэтому надо учитывать, что, хотя оптические плотности почернений негатива (или позитива) отличаются друг от друга на небольшую величину, количество пропускаемых ими лучей света при фотографической печати будет отличаться весьма значительно.

Просматривая негатив, легко убедиться, имеет ли он значительную оптическую плотность, или она у него не-

Таблица 1

Соответствие между непрозрачностью и оптической плотностью почернений фотографического слоя

Непрозрачность (коэффициент поглощения), O	Оптическая плотность почернения, D	Процент светового потока, пропущенного почернением
1	0	100
2	0,3	50
3,2	0,5	32
4	0,6	25
8	0,9	12,5
10	1,0	10
16	1,2	6,25
32	1,5	3,12
64	1,8	1,56
100	2,0	1
128	2,1	0,78
256	2,4	0,39
316	2,5	0,3
512	2,7	0,19
1000	3,0	0,1

велика. В первом случае негатив будет очень непрозрачным, во втором — менее непрозрачным. Аналогично легко установить, у какого из участков негатива непрозрачность больше, чем у всего изображения в целом, и т. д.

Наиболее прозрачный участок негатива имеет минимальную оптическую плотность почернений ($D_{мин}$), самый непрозрачный — максимальную ($D_{макс}$). Разность $D_{макс}$— —$D_{мин}$ называется интервалом оптических плотностей почернений. Он обозначается символом $\Delta D^{нег}$. Интервал оптических плотностей служит основным критерием подбора фотобумаги при печати.

7. КРИВАЯ ПОЧЕРНЕНИЙ ФОТОМАТЕРИАЛА

Каждый фотолюбитель знает, что почернения на негативе и позитиве возникают под действием света и последующего проявления. Однако многим не известен характер этой зависимости. Установить ее удобнее на фотопластинке или фотопленке, так как полученная на ней шкала почернений будет использована для дальнейших опытов.

Для этого проделаем такой опыт: на расстоянии 1 *м* от стеариновой свечи укрепим на столе в вертикальном положении кассету (рис. 10), заряженную диапозитивной фотопластинкой или позитивной фотопленкой. Горящая свеча излучает световой поток, который, освещая кассету, создает на ней (при отсутствии других источников света)

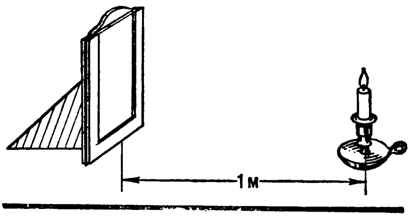


Рис. 10.
Схема освещения фотопластинки для получения шкалы почернений

освещенность примерно в один люкс *. Такая точность для нашего примитивного опыта вполне достаточна.

Накроем кассету покрывалом из плотной черной материи и вытянем под ним ее шторку, открыв всю фотопластинку. Затем быстро приподняв и опустив покрывало, проэкспонируем $^1/_2$ *сек*. Задвинем шторку в кассету на 1 *см* и этим же приемом вновь осветим фотослой в течение $^1/_2$ *сек*. Второй раз освещается только открытая часть фотопластинки, ее общая засветка уже составит одну секунду. Проэкспонируем таким способом девять раз, как указано в табл. 2.

Таблица 2

Соответствие между выдержкой и общим количеством освещения, полученным фотопластинкой

Номер поля фотопластинки	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Частичные выдержки, *сек*	$^1/_2$	$^1/_2$	1	2	4	8	16	32	64
Полная выдержка, *сек*	$^1/_2$	1	2	4	8	16	32	64	128
Количество освещения в люкс-секундах (*лк·сек*)	$^1/_2$	1	2	4	8	16	32	64	128

* Один люкс (*лк*) есть освещенность поверхности в 1 $м^2$, которая получает одинаково распределенный по ней световой поток в один люмен.

В этом опыте с каждым новым экспонированием поля фотопластинки получают все увеличивающиеся количества световой энергии, которые принято выражать через *количество освещения*, в фотографии чаще называемое *экспозицией* *.

Количество освещения пропорционально времени освещения и освещенности поверхности. Поэтому можно получить экспозицию, например, в два раза большую, двумя способами: увеличив время освещения в два раза при постоянном уровне освещенности или увеличив энергетическую мощность источника в два раза, не меняя продолжительности экспонирования (в нашем примере вместо одной свечи, взяв две).

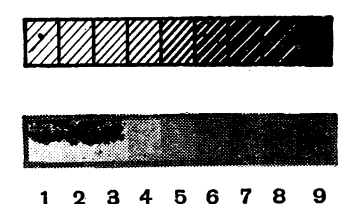


Рис. 11.
Шкала почернений, вверху ее схема

Количество освещения, или экспозицию *(H)*, выражают произведением освещенности *(E)* в люксах на время освещения *(t)* в секундах, т. е. $H = Et$ люкс-секунд *(лк·сек)*.

Количество освещения, полученное каждым полем фотопластинки, приведено в последней строке табл. 2.

Проявим экспонированную диапозитивную фотопластинку в течение 4 *мин*, отфиксируем, промоем и высушим. В результате чего получим шкалу с постепенно возрастающими оптическими плотностями (рис. 11). Чем продолжительнее экспонировался участок фотопластинки, тем большее количество освещения он получил, тем больше образовалось на нем металлического серебра, тем непрозрачнее он будет. Рассматривая шкалу почернений, легко заметить, что участки фотоматериала, на которые свет не действовал, также имеют почернение, но очень незначительное. Оно называется *вуалью* и обозначается символом D_0. Вуаль образуется за счет проявления неэкспонированных микрокристаллов галогенида серебра. Таким образом, каждое почернение шкалы включает в себя и величину вуали.

Проделанный опыт позволяет установить первую зависимость между действием света на фотоматериал и почернением проявленного слоя. *Величина почернения зависит*

---

* Фотолюбители часто отождествляют понятия «экспозиция» и «выдержка», что неверно. Выдержка представляет собой время освещения, или экспонирования, в секундах, экспозиция — количество освещения в люкс-секундах.

не только от величины освещенности, создаваемой источником света, но и от времени освещения (выдержки), т. е. от количества освещения.

Эту зависимость можно наглядно изобразить в виде графика. Для его построения воспользуемся величинами оптических плотностей почернений полей шкалы, приведенными в табл. 3. Каждая оптическая плотность почернений шкалы получилась в результате действия на светочувствительный слой диапозитивной фотопластинки некоторого количества освещения. Их значения в люкс-секундах возьмем из табл. 2.

Таблица 3

Зависимость между оптической плотностью почернений и количеством освещения

Номер шкалы	Количество освещения, *лк·сек*	Логарифмы количества освещения	Оптическая плотность поля	Разность оптических плотностей между двумя полями
1	0,5	—0,7	0,1	—
2	1	0	0,35	0,25
3	2	0,3	1	0,65
4	4	0,6	1,65	0,65
5	8	0,9	2,3	0,65
6	16	1,2	2,8	0,5
7	32	1,5	2,9	0,1
8	64	1,8	2,96	0,06
9	128	2,1	3	0,04
Вуаль	—	—	0,05	—

Из табл. 3 видно, что увеличение количеств освещения вдвое влечет за собой рост оптических плотностей почернений на некоторую величину, но не всегда постоянную.

Для построения графика по данным табл. 3 возьмем лист обычной миллиметровки. Проведем на ней две взаимно перпендикулярные оси. На вертикальной оси через каждый сантиметр отложим значения оптических плотностей, а на горизонтальной оси — логарифмы количества освещения. В этом случае увеличение количества освещения вдвое можно изобразить равными отрезками также через один сантиметр и график будет построен в одинаковом масштабе, что очень наглядно выразит зависимость D, т. е. lg O от lg$H$.

Вычерчивание графика обычное: из каждого деления на горизонтальной оси восстанавливают перпендикуляр, на котором откладывают оптическую плотность, соответствующую данному количеству освещения. Соединим концы перпендикуляров плавной линией, которая выразит зависимость оптической плотности почернений от ко-

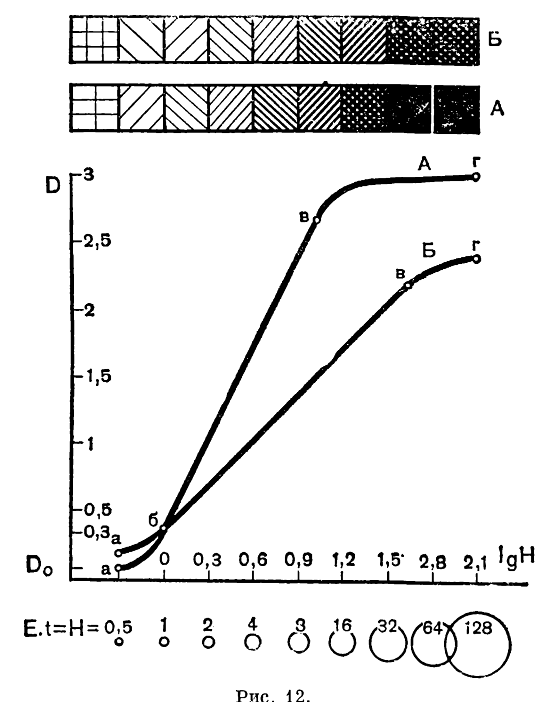


Рис. 12.
Кривые почернений фотопластинок: *А* — диапозитивной, *Б* — репродукционной полутоновой. Вверху — схемы шкал почернений, внизу кружочками изображены количества освещения, возрастающие каждый раз вдвое

личества освещения, подействовавшего на диапозитивную фотопластинку (линия *А* на рис. 12).

Такая линия называется *кривой почернений*, или *характеристической кривой*. Легко заметить, что она имеет три отчетливо выраженных участка. Нижний ее участок *а—б* представляет вогнутую линию и называется *областью недодержек*. Названа она так потому, что при съемке с большой недодержкой негативное изображение строится почернениями этого участка кривой почернений. Негатив

с подобным изображением считается плохим. Область недодержек характеризует рост почернений при воздействии на светочувствительный слой малых количеств освещения. В этой области равным приращениям логарифмов количеств освещения соответствуют неравные, постепенно возрастающие приращения оптических плотностей почернений (см. табл. 3). Чтобы избежать такого несоответствия, надо снимать с выдержкой, обеспечивающей получение фотоматериалом количеств освещения, дающих почернения, лежащие на среднем участке *б — в* кривой почернений.

Этот участок — прямая линия. В нем равным приращениям логарифмов количеств освещения соответствуют равные приращения оптических плотностей, поэтому его называют *областью пропорциональной передачи*. С фотографической точки зрения это лучший участок кривой почернений, так как негативное изображение, построенное его почернениями, будет, как правило, хорошим. Поэтому при съемке выдержка должна обеспечивать использование только области пропорциональной передачи.

Верхний участок кривой почернений *в—г* представляет выпуклую линию и называется *областью передержек*. Названа она так потому, что при съемке с большой передержкой негативное изображение строится почернениями данной области кривой почернений. Область передержек характеризует рост почернений при воздействии на фотослой больших количеств освещения. На всем ее протяжении равным приращениям логарифмов количеств освещения соответствуют неравные, постепенно уменьшающиеся приращения оптических плотностей. Сильно передержанный негатив считается плохим. Поэтому при съемке необходимо избегать передержек и недодержек, для чего определять выдержку надо фотоэлектрическим экспонометром.

Проделаем второй опыт с полутоновой репродукционной фотопластинкой, точно соблюдая условия освещения, экспонирования, обработки и построения кривой, которые были проведены с диапозитивной фотопластинкой.

Простым наблюдением легко установить, что почернения на этой шкале отличаются друг от друга менее значительно, чем на шкале, полученной на диапозитивной фотопластинке (см. рис. 12).

Для доказательства этого предположим, что оптические плотности почернений шкалы *Б* имеют следующие величины: 0,2, 0,35, 0,65, 1,0, 1,35, 1,7, 2,0, 2,2, 2,4.

Следовательно, разности оптических плотностей почернений между полями шкалы — первым и вторым, вторым и третьим и т. д. — составят: 0,15, 0,3, 0,35, 0,3, 0,2, 0,1.

Сравнение последних чисел с разностью почернений полей шкалы на диапозитивной фотопластинке (см. табл. 3) показывает, что одинаковые увеличения количеств освещения вызывают на репродукционной полутоновой фотопластинке меньшие приращения почернений, чем на диапозитивной фотопленке. Поэтому угол наклона кривых *А* и *Б* на рис. 12 различен.

Для удобства экспериментирования использовались малочувствительные фотопластинки. Если же для этой цели взять негативную высокочувствительную фотопленку, то на ней также будет получена шкала почернений.

При любой фотосъемке эта закономерность соблюдается, только почернения на негативе располагаются не в виде последовательной шкалы, а соответственно яркостям участков объекта. Следовательно, для любого сюжетного негатива можно построить кривую почернений (см. стр. 38).

Кривая почернений фотобумаги принципиально не отличается от кривой почернений фотоматериала на прозрачной основе, но она имеет ряд особенностей, которые описаны в § 20.

8. КОНТРАСТНОСТЬ НЕГАТИВА

Любое негативное изображение имеет ту или иную степень контрастности, которая зависит от двух факторов. Первым является контрастность негативного фотоматериала, определяемая величиной коэффициента контрастности его светочувствительного слоя, вторым — продолжительность проявления, если оно меньше или больше рекомендованного фабрикой. Этот параметр является одним из факторов, влияющих на величину интервала оптических плотностей негатива ($\Delta D^{нег}$) — основного критерия, по которому подбирают фотобумагу к негативу.

Большое значение этого параметра негатива требует подробного рассмотрения его сущности. Необходимость в этом вызывается еще и тем, что многие фотолюбители ошибочно отождествляют контрастность негатива с его оптической плотностью. Обычно они считают, что чем плотнее негатив, тем он контрастнее, или, чем он прозрачнее, тем незначительнее его контрастность. Такая ошибка

в оценке негатива приводит к получению очень плохих позитивов.

В предыдущем параграфе было установлено, что разность оптических плотностей почернений соседних участков шкалы, или, как еще говорят, интервал приращений почернений, у диапозитивной и репродукционной фотопластинок различен, из-за чего их кривые почернений наклонены к горизонтальной оси графика под разными углами. Величина интервала приращений почернений шкалы определяет степень ее контрастности: чем он больше, тем выше контрастность, тем больший угол наклона имеет кривая почернений фотоматериала.

Таким образом, угол наклона кривой почернений графически характеризует контрастность фотоматериала. Количественно ее удобно выражать не числом градусов угла наклона кривой, а его тангенсом. Это отвлеченное число названо *коэффициентом контрастности*. Его обозначают греческой буквой γ, название которой *гамма*, часто с добавлением слова «*проявления*», является синонимом коэффициента контрастности.

Для лучшего понимания сущности контрастности сравним некоторую оптическую плотность почернения с вершиной холма, один склон которого пологий, а другой — крутой. По пологому склону мы с каждым шагом будем подниматься на небольшую высоту, и нам придется сделать много шагов, чтобы достичь вершины холма. У малоконтрастного фотоматериала кривая почернений также расположена полого, поэтому потребуется много ступеней приращений почернений, чтобы достигнуть заданной оптической плотности.

Если подниматься на холм с крутой стороны, то каждый шаг будет быстро приближать нас к вершине, и шагов придется сделать меньше, чем в первом случае. У контрастного фотоматериала кривая почернений круто поднимается вверх, поэтому требуется незначительное число ступеней приращений почернений, чтобы получить заданную оптическую плотность.

При подъеме на холм, в зависимости от крутизны склона, один и тот же шаг поднимает нас на разную высоту, также одно и то же количество освещения вызывает у контрастного фотоматериала большее приращение почернений, чем у малоконтрастного.

Коэффициент контрастности. Для его определения возьмем на прямолинейных областях кривых почернений диапозитивной и полутоновой фотопластинок по участку

(см. рис. 12), которые для удобства построения вычертим в крупном масштабе (рис. 13). Почернения в точках m, d и n, c вызваны разными количествами освещения, логарифмы которых равны, например, 0,3 и 0,6. Разность между этими величинами 0,6—0,3=0,3 составит приращение логарифмов количеств освещения ($\Delta \lg H$). Из точек 0,3 и 0,6 на горизонтальной оси восстановим перпендикуляры до пересечения с кривыми почернений A и $Б$. Из точек пересечения d и m проведем линии, параллельные горизонтальной оси. В результате чего получим два треугольника — mnc и dce, у которых катеты mc и de равны и графически выражают приращение логарифмов количеств освещения, равное, как указано выше, 0,3; катеты cn и ec неравны и графически выражают приращения оптических плотностей почернений $D_2—D_1=\Delta d$. У кривой A $\Delta d = n—c=1,55—1=0,55$, а у кривой $Б$ $\Delta d=c—e=1—0,7=0,3$; гипотенузы треугольников, являющиеся частью кривых почернений A и $Б$, наклонены под теми же углами α_1 и α_2, что и кривые A и $Б$ на рис. 12.

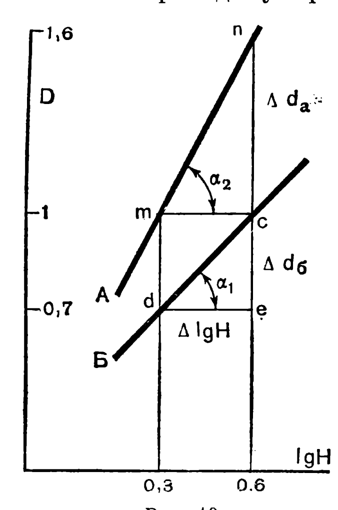


Рис. 13.
Схема, поясняющая один из способов определения коэффициента контрастности фотоматериала

Коэффициенты контрастности этих кривых почернений находят делением катета, противолежащего углу α_1 или α_2, на катет, прилежащий углу треугольника. Для кривой A $\gamma_A = \frac{nc}{cm}$, а для кривой $Б$ $\gamma_Б = \frac{ce}{de}$, но так как $mc = de = \Delta \lg H$, а $nc = \Delta d_a$ и $ce = \Delta d_б$, то можно написать, что

$$\gamma_A = \frac{\Delta d_a}{\Delta \lg H}, \quad (3)$$

а

$$\gamma_Б = \frac{\Delta d_б}{\Delta \lg H}. \quad (3а)$$

Следовательно, *коэффициент контрастности является отношением приращения оптической плотности почернения к приращению логарифмов количеств освещения, соответствующих прямолинейной области кривой почернений,*

и количественно выражает степень контрастности фотоматериала.

Подставив в формулы 3 и 3а численные значения $\Delta \lg H$ и Δd, получим, что $\gamma_а = \frac{0,55}{0,3} = 1,8$ и $\gamma_б = \frac{0,3}{0,3} = 1$.

Таким образом, диапозитивная фотопластинка в два раза (округленно) контрастнее полутоновой репродукционной фотопластинки. В фотографической практике это означает, что при съемке на этих двух фотопластинках одного и того же объекта в одинаковых условиях освещения и проявления негативы по контрастности получатся разными: на диапозитивной изображение будет более контрастным, чем на полутоновой репродукционной.

Выясним теперь, имеет ли коэффициент контрастности негативного фотоматериала постоянное значение, или его величина изменяется от условий проявления и величины выдержки. Для проверки первого вопроса воспользуемся уже готовой шкалой *Б* и отпечатаем ее с нормальной выдержкой на трех позитивных фотопленках или диапозитивных фотопластинках. Проявим их в проявителе для фотопластинок (рецепт дан в табл. 4): первую — 1 *мин*, вторую — 2 *мин*, третью — 4 *мин*. Отфиксируем, промоем и высушим фотопленки с позитивными изображениями шкалы.

Легко установить на глаз, что приращения оптических плотностей почернений у первой фотопленки малы, у второй — заметно больше, а у третьей — велики. Поскольку шкалы печатались на одном сорте фотоматериала, то можно заключить, что изменение величины коэффициента контрастности произошло от продолжительности проявления: *чем длительнее оно, тем больше коэффициент контрастности*. Но эта закономерность, как мы увидим далее, справедлива лишь в сравнительно узком интервале времени проявления.

Рассматривая эти шкалы, также легко заметить, что с увеличением коэффициента контрастности увеличивается как максимальная оптическая плотность почернения, так и разность между нею и минимальной оптической плотностью негатива, т. е. интервал оптических плотностей негатива. Эта зависимость указывает на необходимость *избегать перепроявления негативного фотоматериала*, особенно при съемке контрастного объекта, так как в этом случае интервал оптических плотностей негатива может оказаться столь большим, что к нему нельзя будет подобрать фотобумагу.

Посмотрим теперь, как влияет на коэффициент контрастности состав проявляющего раствора. Снова с нормальной выдержкой сделаем два отпечатка шкалы *Б* на позитивной фотопленке и проявим их по 4 *мин* при температуре раствора 20°: первую — в проявителе для фотобумаг (№ 1), вторую — в проявителе для негативных фотопленок, приведенных в табл. 4. Проявленные шкалы отфиксируем, промоем и высушим.

Таблица 4

Рецептура проявителей, рекомендованная фабриками

Наименование вещества	Проявитель для фотобумаг и фотопластинок (№ 1)	Проявитель для негативных фотопленок (№ 2)
Метол	1 *г*	8 *г*
Сульфит натрия кристаллический	52 *г*	250 *г*
Гидрохинон	5 *г*	—
Углекислый натрий безводный	20 *г*	5,75 *г*
Бромистый калий	1 *г*	2,5 *г*
Воды до объема	1 *л*	1 *л*
Температура раствора	20±0,5°	20±0,5°

Нетрудно установить, что приращения оптических плотностей у шкал различны: у шкалы, проявленной в позитивном проявителе (№ 1), они больше, чем у шкалы, проявленной в негативном проявителе (№ 2). Это произошло потому, что позитивный проявитель работает быстрее негативного, отчего в первом проявителе за 4 *мин* проявления коэффициент контрастности достиг большей величины, чем за то же время проявления во втóром проявителе.

Таким образом, *при данном времени проявления и температуре раствора величина коэффициента контрастности зависит от вида проявителя: в энергичном, быстро работающем она растет скорее, чем в малоактивном, медленно работающем.*

Поэтому фотографические показатели отечественной продукции определяются в стандартных проявителях: для фотопленок — в № 2, а фотопластинок — в № 1 при температуре раствора 20±0,5°. Продолжительность же про-

явления каждого номера эмульсии фотопленок и фотопластинок указывается на этикетке упаковки или в прилагаемой инструкции. За это время коэффициент контрастности достигает так называемого рекомендуемого значения ($\gamma_{рек}$), являющегося наилучшим для практики.

Согласно ГОСТу 5554—63, негативные фотопленки имеют $\gamma_{рек}$ для всех степеней светочувствительности одно значение, равное 0,8, которое у фотопленок «Фото-32» и «Фото-65» достигается в проявителе № 2 за 6—12 *мин*, а у фотопленок «Фото-130» и «Фото-250» — за 8—16 *мин*.

Негативные фотопластинки, согласно ГОСТу 5553—57, имеют три значения $\gamma_{рек}$: для мягких сортов — 1,0; для нормальных — 1,3, а для контрастных — 1,7. У первого сорта это значение $\gamma_{рек}$ достигается за 4—7 *мин* проявления, а у двух последних сортов — за 5—8 *мин* в проявителе № 1.

Например, на упаковке фотопластинок «Изоортохроматические» указано, что они «мягкие», а время проявления их 6 *мин*. Это означает, что за 6 *мин* в проявителе № 1 коэффициент контрастности фотопластинок достигнет рекомендованного значения, т. е. станет равным единице. При более длительном проявлении он будет постепенно увеличиваться.

Обращаем внимание, что температуру проявителя, указанную в табл. 4, требуется выдерживать точно, так как скорость проявления сильно зависит от ее уровня. При повышении температуры проявителя более чем на один градус коэффициент контрастности станет больше рекомендованного значения, а при ее соответствующем понижении — меньше рекомендованного.

Когда невозможно поддерживать стандартизованную температуру проявителя, то для корректировки продолжительности проявления пользуются графиком Стокса, выражающим линейную зависимость логарифма времени проявления от температуры проявителя в виде изо-γ -линии (рис. 14). Угол ее наклона зависит только от состава проявителя и сравнительно мало от сорта негативного фотоматериала.

На горизонтальной оси графика Стокса отложена арифметическая шкала температур проявителя в градусах Цельсия, на вертикальной оси — логарифмическая шкала продолжительности проявления в минутах. На графике даны две изо-γ-линии. Сплошной линией пользуются для корректирования продолжительности проявления любых фотопленок, у которых рекомендуемое время равно

10 *мин.* Чтобы определить с ее помощью продолжительность проявления при другой температуре, например при 24°, требуется из точки на горизонтальной оси, соответствующей этой температуре, восстановить перпендикуляр и из точки его пересечения с изо-γ -линией опустить другой перпендикуляр на шкалу продолжительности проявления, которая в данном случае составит 7 *мин.*

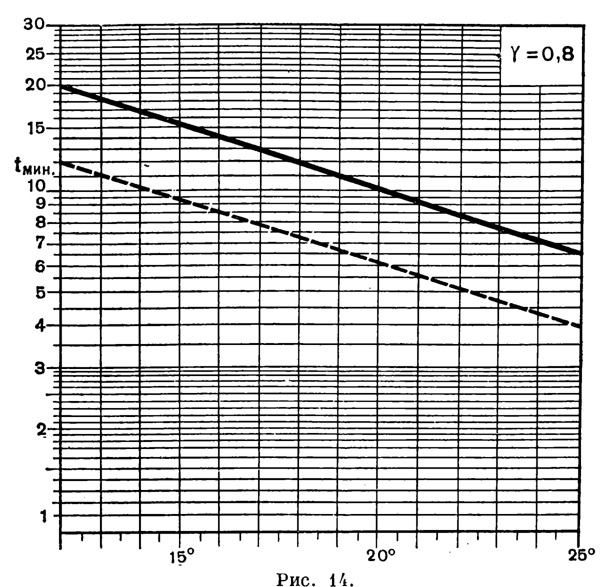


Рис. 14.
График Стокса. Используется для корректирования продолжительности проявления в зависимости от температуры проявителя

Если на упаковке фотопленки указана другая продолжительность проявления, например 6 *мин*, то нельзя пользоваться изо-γ-линией для 10 *мин.* В этом случае надо построить другую изо-γ-линию. Для чего через точку пересечения перпендикуляров, восстановленных из делений шкал, соответствующих 20° и 6 *мин*, проводят новую изо-γ-линию, параллельную основной. Она на рис. 14 вычерчена пунктиром. Для других времен проявления проводят параллельно новые изо-γ-линии. По ним находят, как описано выше, требуемую продолжительность проявления, если температура раствора выше или ниже 20°.

Когда негативный фотоматериал обрабатывается не в стандартизированном проявителе, предположим в Д-23 или ДК-20, то нельзя руководствоваться временем, дан-

ным на упаковке, и, следовательно, определять коэффициент контрастности указанным способом. Исключение составляет проявитель Д-76, в котором за время проявления, указанное фабрикой, коэффициент контрастности фотопленки достигает рекомендованного значения, равного 0,8.

Поэтому изо-γ-линиями на рис. 14 можно пользоваться и при проявлении фотопленки в проявителе Д-76.

ПРОЯВИТЕЛЬ Д-76

Метол	**2** *г*
Гидрохинон	**5** *г*
Сульфит натрия безводный	**100** *г*
Бура	**2** *г*
Вода	**до 1** *л*
Температура раствора	**20±0,5°**

Для его составления лучше использовать сульфит натрия квалификации «Чистый» или «Фотографический марки А». Это требование вызывается тем, что сульфит натрия сорта «Фотографический марки Б» содержит 0,5% щелочи, поэтому при его введении щелочность проявителя повышается и он начинает проявлять быстрее, чем указано в рецепте, отчего коэффициент контрастности проявленной пленки будет больше $\gamma_{рек}$, а оптическая плотность негатива — повышенной.

Значит, *фотолюбитель с достаточной для практики точностью может знать величину коэффициента контрастности, до которого проявлен негатив, если будет придерживаться рекомендованного фабрикой времени проявления, состава и температуры проявителя* (см. табл. 4).

Установим теперь более точно, как изменяется коэффициент контрастности негативного фотоматериала с изменением времени проявления.

Возьмем для удобства экспериментирования негативную фотопленку наименьшей светочувствительности, получим на ней пять шкал и проявим их в проявителе № 2: первую — 2 *мин*, вторую — 4 *мин*, третью — 8 *мин*, четвертую — 10 *мин*, пятую — 14 *мин*. Отфиксируем, промоем и высушим эти шкалы и построим по ним пять кривых почернений (рис. 15). Из чертежа видно, что в первые минуты проявления коэффициент контрастности растет быстро, затем увеличивается все медленнее. При более длительном проявлении некоторое время величина его уже не изменяется и коэффициент контрастности достигает

максимальной величины, обозначаемой $\gamma_{макс}$, а затем он начинает уменьшаться в связи с тем, что образуется значительная вуаль. Следовательно, перепроявленные негативы всегда менее контрастны по сравнению с негативами, нормально экспонированными и нормально проявленными.

Эти отвлеченные рассуждения иллюстрированы на рис. 16 рядом негативов, полученных за то же время про-

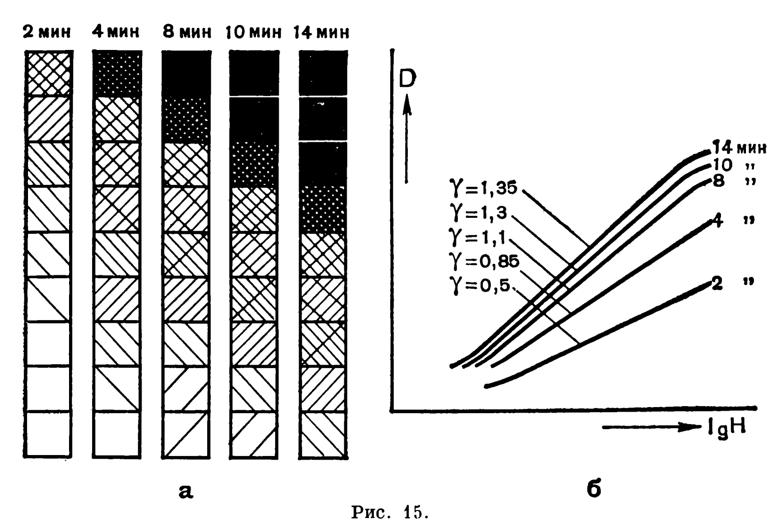


Рис. 15.
График изменения величины коэффициента контрастности от продолжительности проявления: *а* — характер почернения на шкалах, *б* — изменение вида кривых почернений в зависимости от времени проявления

явления, что и шкалы. На негативах отчетливо видно, как увеличивается контрастность изображения со временем проявления. Для печати наиболее приемлемым является негатив, проявленный 4 *мин* (см. рис. 16).

Максимальный коэффициент контрастности — величина постоянная для данного фотоматериала и не зависит от состава проявителя, который влияет только на скорость увеличения контрастности: в контрастноработающем проявителе он увеличивается быстро, в мягкоработающем — медленно. Исключение составляют проявители, в состав которых введен бензотриазол. Они повышают $\gamma_{макс}$ по сравнению с проявителем того же состава, но с бромистым калием в качестве антивуалирующего вещества. Физические и так называемые настоящие мелкозернистые прояви-

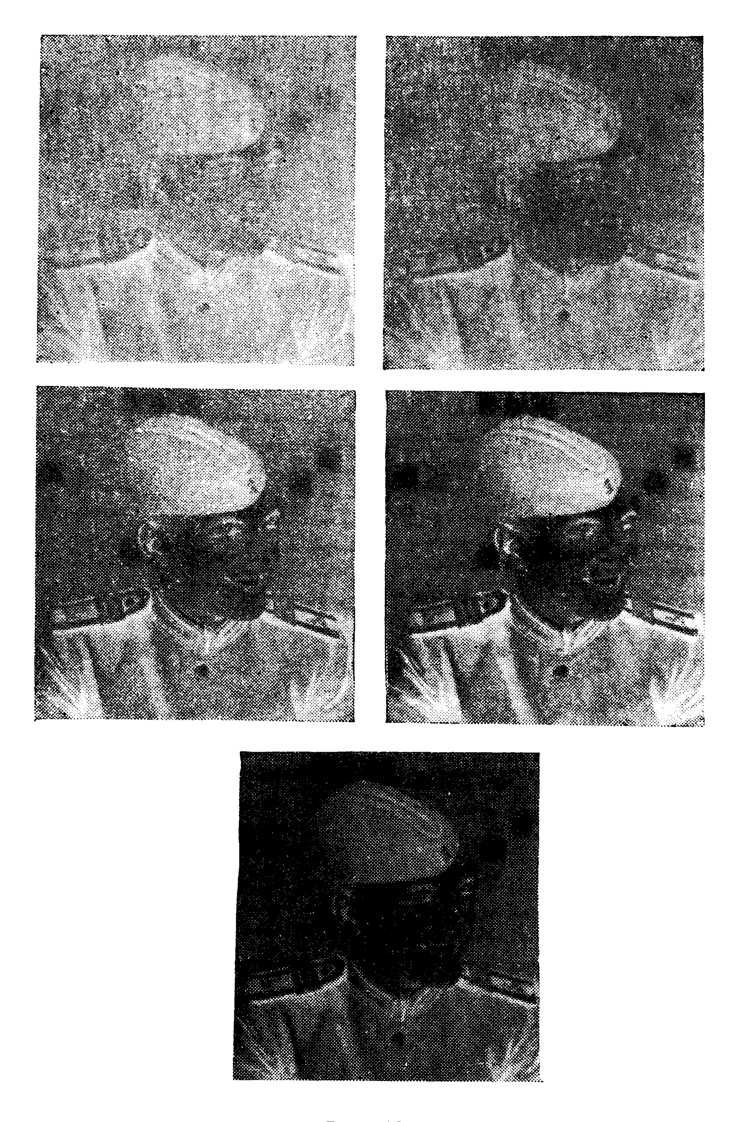


Рис. 16.
Негативы, проявленные до различного коэффициента контрастности за время, указанное на рис. 15

тели (например, парафенилендиаминовый, ДК-20 и др.) понижают максимальное значение коэффициента контрастности.

Чтобы определить, как изменяется коэффициент контрастности с увеличением экспонирования, отпечатаем шкалу Б на позитивной фотопленке с недодержкой, например двукратной, с нормальной выдержкой и с двукратной передержкой. Проявим все шкалы по 4 *мин*, отфиксируем, промоем и высушим. Построив кривые почернения трех шкал, увидим, что угол наклона у них одинаков, т. е. коэффициенты контрастности их равны, хотя по оптической плотности шкалы отличаются друг от друга: недоэкспонированная шкала имеет незначительные почернения, у нормально экспонированной шкалы они выше, чем у недоэкспонированной, почернения же переэкспонированной шкалы будут наибольшими. Но если сравнить у этих шкал разность между максимальной и минимальной оптическими плотностями почернений, т. е. интервалы оптических плотностей почернений, то у недоэкспонированной и переэкспонированной шкал он будет меньше, чем у нормально экспонированной шкалы.

Таким образом, сделаем второй вывод.

Величина экспозиции не влияет на величину коэффициента контрастности фотоматериала, поэтому недоэкспонированный, нормально экспонированный и переэкспонированный негативы будут иметь одинаковый коэффициент контрастности, если они проявлены в одно и то же время в проявителе одинакового состава.

Следовательно, на роликовой и рулонной фотопленках все негативы бывают проявлены до одной γ.

Негативы недодержанные, нормально экспонированные и передержанные, полученные на одной фотопленке, отличаются только по оптической плотности почернений, что требуется учитывать при печати.

Как было выше показано, фотолюбитель может установить, до какого коэффициента контрастности проявлена фотопленка, только при пользовании проявителями № 2 и Д-76. Применяя проявители другого состава, он лишен этой возможности из-за отсутствия измерительной аппаратуры.

Однако для расширения кругозора читателя расскажем, как его точно определяют в лаборатории, оборудованной такими аппаратами. Для этого на отрезке фотопленки, на которой производилась фотосъемка, печатают сенсито-

грамму. Ее проявляют в бачке одновременно со снятой фотопленкой.

В результате чего получают шкалу почернений на сенситограмме, для каждого поля которой экспозиция известна. По ней строят кривую почернений и находят коэффициент

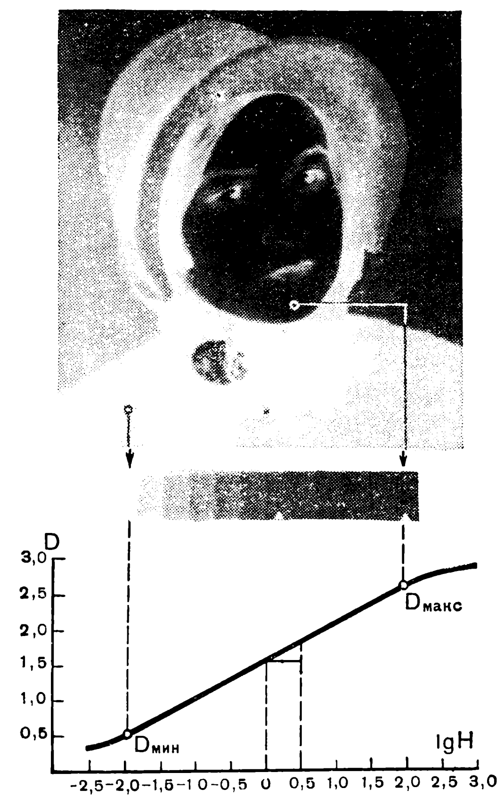


Рис. 17.
Схема определения коэффициента контрастности, до которого проявлен негатив

контрастности. Поскольку фотопленка проявлялась одновременно с сенситограммой, то все негативы на ней будут иметь тот же коэффициент контрастности.

Сказанное становится ясным из рассмотрения рис. 17, на котором изображены в увеличенном виде один из негативов и шкала почернений сенситограммы, по которой построена кривая почернений. На негативе оптические

плотности почернения расположены соответственно яркостям деталей лица портретируемой, а на шкале почернений — в виде прямоугольников, оптические плотности почернений которых все время возрастают. Количества освещения, действовавшие на фотопленку при съемке, неизвестны, количества же освещения, вызвавшие почернения на шкале, известны.

Если на негативе и шкале имеются одинаковые плотности, то это означает, что они вызваны одинаковыми количествами освещения, так как негатив и шкала проявлялись одновременно, например минимальная оптическая плотность шкалы равна оптической плотности изображения каракулевого пальто, а максимальная — лица. Между ними лежат все остальные плотности негатива, которые укладываются на прямолинейном участке кривой почернений. Следовательно, коэффициенты контрастности негатива и шкалы почернений сенситограммы равны.

Градиент кривой почернений. Рассмотрим теперь, как выражается контрастность фотоматериала, когда ему сообщены количества освещения, отвечающие областям недодержек и передержек кривой почернений.

В области недодержек кривой почернений приращения оптических плотностей, выражаемые отношением $\Delta d : \Delta \lg H$, постепенно возрастают от нуля до начала прямолинейной области, в которой, как известно уже читателю, это отношение имеет постоянную величину и выражается коэффициентом контрастности фотоматериала. В области передержек отношение $\Delta d : \Delta \lg H$ постепенно уменьшается до нуля. Поэтому контрастность в областях недодержек и передержек не может быть выражена одним каким-либо числом. В этих областях ввиду меняющейся крутизны кривых можно говорить лишь о контрастности в данной точке кривой почернений.

Такое изменение контрастности характеризуется *градиентом кривой почернений*. Количественно градиент кривой в данной точке выражают тангенсом угла наклона к оси экспозиции касательной к этой точке в областях недодержек и передержек. В первой области градиент непрерывно растет до начала прямолинейного участка кривой почернений; затем он становится постоянным на всем протяжении прямолинейного участка, а с начала области передержек начинает уменьшаться.

Негативное изображение может строиться и почернениями, лежащими в области недодержек, а при передержке — и почернениями в области передержек. В этих

областях некоторые соседние почернения отличаются друг от друга настолько незначительно, что при печати они на позитиве воспроизведутся одним почернением, отчего передача тонов на нем ухудшится.

Следовательно, возникает вопрос: с какой точки на кривой почернений надо строить негативное изображение, чтобы его почернения можно было передать на фотоотпечатке различимыми тонами? На основании обширного экспериментального материала установлено, что на позитиве удовлетворительно передаются те детали негативного изображения, градиент оптических плотностей которых не ниже 0,2. Это число выражает величину *минимального полезного градиента*.

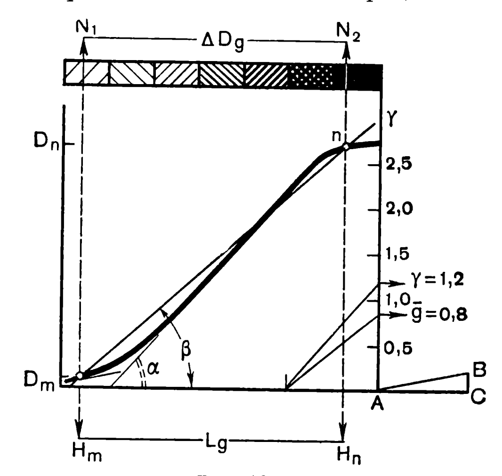


Рис. 18.
Схема, поясняющая сущность среднего градиента, полезного интервала экспозиций и полезного интервала плотностей фотоматериала

На рис. 18 точкой m показан минимальный полезный градиент в области недодержек, а точкой n — в области передержек. Все почернения, лежащие левее точки m и правее точки n, не могут быть раздельно переданы на фотоотпечатке. Найти на кривой почернений эти точки легко. Для этого в любом месте на оси экспозиции построим треугольник, вертикальный катет которого относится к горизонтальному, как 1 : 5. На рис. 18 у треугольника ABC один катет равен 1, другой — 0,2. Если провести линии, параллельные гипотенузе AB до их касания с кривой почернений в областях недодержек и передержек, то в этих точках ее крутизна будет равна минимальному

полезному градиенту. От нижней точки минимального полезного градиента *m* до его верхней точки *n* крутизна кривой почернений, а следовательно, и ее контрастность изменяются (за исключением прямолинейного ее участка, где значение градиента постоянно). Графически такое изменение контрастности выражается прямой, соединяющей эти две точки. Как видно на рис. 18, она наклонена к оси экспозиции под другим углом, чем прямолинейный участок кривой почернений. Тангенс угла β ее наклона выражает величину *среднего градиента* (его символ $\bar{g}$) фотоматериала, который в данном случае равен 0,8, а коэффициент контрастности $\gamma = 1{,}2$.

Средний градиент можно выразить аналитически из следующих рассуждений. Точке *m* на рис. 18 соответствует минимальная экспозиция H_m, а точке *n* — максимальная экспозиция H_n. Следовательно, негативное изображение строится экспозициями, интервал которых ограничен точками минимального полезного градиента в областях недодержек и передержек. Этот интервал называется полезным *интервалом экспозиций*, его символ L_g.

Минимальной экспозиции H_m соответствует наименьшее почернение N_1, а максимальной экспозиции H_n — наибольшее почернение N_2. Разность оптических плотностей этих почернений представляет собой полезный интервал плотностей, его символ $\Delta D_g^{\text{нег}}$.

Отсюда тангенс угла наклона прямой *mn*, т. е. *средний градиент кривой почернений, можно выразить отношением полезного интервала плотностей к полезному интервалу экспозиций*:

$$\bar{g}_{\text{нег}} = \frac{\Delta D_g^{\text{нег}}}{L_g}. \qquad (4)$$

Практическое значение градиента кривой почернений заключается в том, что он определяет минимальную выдержку для данных условий освещения, при которой можно получить максимальное число деталей на негативном изображении объекта с большим интервалом яркостей.

9. ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕГАТИВНОГО ФОТОМАТЕРИАЛА И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОБЪЕКТА СЪЕМКИ

Нами была рассмотрена взаимосвязь между оптической плотностью почернения и контрастностью фотоматериала при непосредственном действии на него излучения источника света. Теперь выясним, соблюдаются ли эти законо-

мерности при съемке несветящихся объектов. Для этого предварительно познакомимся с понятием яркости, в чем нам поможет следующий простой опыт.

Положим рядом лист белой бумаги и равный ему кусок черного бархата, которые осветим с 1 *м* стеариновой свечой, в результате чего на их поверхностях создастся освещенность в 1 *лк*. Несмотря на одинаковую освещенность, бумага воспримется более светлой, чем бархат. Такая разница в восприятии вызывается тем, что белая бумага отражает 90% падающего светового потока, а черный бархат — 1,5%. Отраженные лучи, попадая в глаза, создают на их сетчатой оболочке оптическое изображение объектов, в результате чего в мозгу возникают образы объектов, имеющих ту или иную *светлоту*, или *яркость*, которая обозначается буквой B.

Яркость несветящихся объектов прямо пропорциональна уровню освещенности и степени отражения и рассеяния света их поверхностями: чем они больше, тем более яркими воспринимаются объекты. Кроме этих факторов на яркость влияет еще и окраска объектов съемки: желто-зеленые цвета являются для нашего зрения более яркими по сравнению с фиолетовыми и красными цветами.

Отражательная способность поверхности объектов зависит от ее коэффициента яркости, который для матовых поверхностей при диффузно-рассеянном освещении является постоянной величиной. Для глянцевой же поверхности и направленного освещения его величина зависит от угла падения лучей и угла, под которым наблюдается объект.

Коэффициент яркости (r) представляет собой отношение яркости рассеивающей свет матовой поверхности (B) и яркости абсолютно белой поверхности ($B_{аб}$), т. е.

$$r = \frac{B}{B_{аб}}. \quad (5)$$

При технических измерениях за абсолютно белую поверхность принимают пластинку, покрытую окисью магния или сернокислым барием.

Единица измерения яркости зависит от выбранной единицы измерения величины освещенности. Если освещенность (E) измерять в люксах, то яркость (B) выразится в апостильбах (*асб*): $B_{асб} = rE_{лк}$, где r — коэффициент яркости.

Таким образом, *апостильб есть яркость абсолютно белой поверхности при ее освещенности в 1 лк*, т. е.

$$B = rE, \tag{6}$$

где $r=1$, $E=1$ *лк*, а $B=1$ *асб*.

В этом случае яркость равна освещенности.

В литературе сейчас пользуются и другой единицей яркости — *нитом*, представляющим собой яркость равномерно светящейся плоской поверхности в 1 $м^2$, дающей в перпендикулярном к ней направлении силу света в одну свечу. 1 *асб* = 0,318 *нт*, а 1 *нт* = 3,14 *асб*.

У реальных объектов r меньше единицы, потому их яркость всегда меньше, чем освещенность, создаваемая источником света.

Чем выше освещенность, тем более ярким будет наблюдаемый объект; чем она меньше — тем менее ярким (рис. 19). При очень малой освещенности, например ночью, объект становится неразличимым.

Наблюдая любой объект, мы не в состоянии количественно определить величину его яркости. Мы можем только качественно установить, что данная часть объекта более яркая, чем соседняя с ней, или что их яркости равны. Равенство яркостей двух соприкасающихся поверхностей глаз определяет очень точно. Это свойство глаза используется в визуальной фотометрии, например в люксметрах, денситометрах и т. д.

В фотографии яркости наблюдаемого объекта принято называть *тоном яркости*. Таким образом, тон яркости — это ступень, на которую отличаются яркости участков объекта. Разница в яркостях $B_1^{об}$ и $B_2^{об}$ двух наблюдаемых участков объекта называется *деталью яркости* (Δ). Численно она выражается отношением большей яркости к меньшей, т. е.

$$\Delta = \frac{B_2^{об}}{B_1^{об}}. \tag{7}$$

Это отношение часто выражают в логарифмической форме:

$$\Delta = \lg B_2^{об} - \lg B_1^{об}. \tag{8}$$

Любой объект представляет собой совокупность деталей яркости, имеющих, в зависимости от оптических свойств поверхности, самые различные коэффициенты яркости. Некоторые из них хорошо отличимы друг от друга, другие очень мало, а некоторые воспринимаются как одна яр-

кость. Самая маленькая деталь яркости, еще различаемая глазом, называется *порогом различаемости*.

В светлых участках объекта мы видим наибольшее количество деталей, так как для этого достаточно, чтобы они отличались друг от друга по яркости на 5%, т. е. чтобы $\Delta = \frac{B_2^{об}}{B_1^{об}} = 1{,}05$. В средних по яркости частях объекта наблюдается обычно меньше деталей, потому что для их раздельного восприятия требуется, чтобы они по яркости отличались бы не меньше, чем на 10%, т. е. $\Delta \geqslant 1{,}1$.

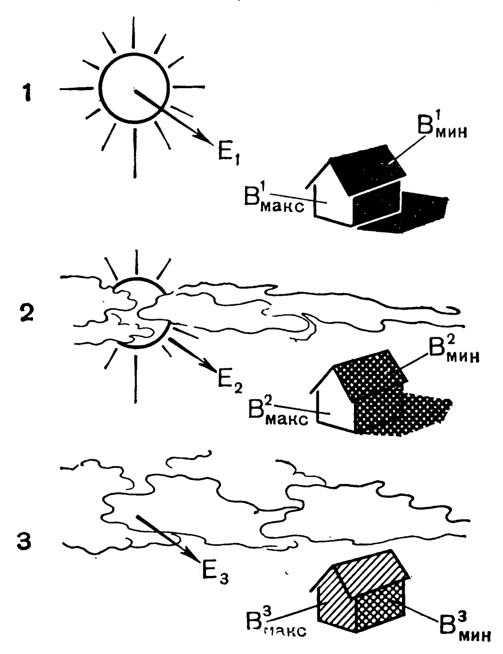


Рис. 19.
Зависимость яркостей объекта от уровня освещенности: с уменьшением освещенности ($E_1 > E_2 > E_3$) соответственно уменьшаются его яркости ($B^1 > B^2 > B^3$), поэтому на схеме *1* — интервал яркостей объекта имеет наибольшее значение, на схеме *2* — среднее, а на схеме *3* — наименьшее

В тенях детали различаются с трудом и при условии, если они отличаются по яркости не меньше, чем на 25%, т. е. $\Delta > 1{,}25$.

Применительно к фотографическому изображению эта закономерность требует, чтобы в светах позитива количество деталей было бы максимальным, так как отсутствие

их производит плохое впечатление; в полутенях без ухудшения качества изображения допустимо их меньшее количество, а в тенях возможно даже их полное отсутствие.

В любом объекте съемки имеется та или иная *шкала яркостей*: от наименьшей $B^{об}_{мин}$, соответствующей самой темной части сюжета, до наибольшей $B^{об}_{макс}$, соответствующей самой яркой его части (рис. 19). Отношение максимальной яркости к минимальной ($B^{об}_{макс} : B^{об}_{мин}$), или разность логарифмов этого отношения ($\lg B^{об}_{макс} - \lg B^{об}_{мин}$), характеризует интервал яркостей объекта, обозначаемый символом l_0, т. е.

$$l_0 = \lg B^{об}_{макс} - \lg B^{об}_{мин}. \qquad (9)$$

Величина интервала яркостей объекта зависит от уровня освещенности и отражательной способности его поверхностей.

Интервал яркостей объекта зависит от равномерности освещения объекта. Например, l_0 ландшафта, равномерно освещенного солнцем, в ясный день будет значительно меньше, чем когда на нем имеются тени от облаков. При очень неравномерной освещенности объекта, например в интерьерах, интервал его яркостей может быть очень большим (табл. 5).

Все многообразие интервалов яркостей объекта можно свести в шесть групп, которыми и следует пользоваться при подборе негативного фотоматериала (табл. 6).

Значения интервала яркостей объекта, приведенные в табл. 5, определены с помощью прибора. Эти данные обычно не совпадают с психофизиологическим восприятием контраста сюжета, так как на зрительную оценку его контрастности сильно влияет число тонов, составляющих объект, и их взаимное расположение.

Чем меньше число тонов у объекта, тем более контрастным он воспринимается, чем их больше — тем менее контрастным. Например, печатный текст, несмотря на небольшой интервал яркостей, кажется нам очень контрастным. Это вызывается тем, что здесь на наше зрение действуют только два тона — черные буквы и белый фон бумаги. Если рассматривать пейзаж с передним планом и небом, то он не будет восприниматься как контрастный, хотя интервал яркостей у него велик. Это происходит из-за того, что такой объект состоит из большого числа промежуточных тонов между самым ярким и наиболее темным его участками.

Таблица 5

Интервал яркостей некоторых объектов съемки

Объект съемки	Интервал яркостей объекта	
	в арифметическом выражении	в логарифмическом выражении
Пейзаж осенний без переднего плана в тумане	1:2—1:3	0,3—0,47
Пейзаж (сельский и городской) без переднего плана при рассеянном свете в пасмурный летний день	1:5—1:10	0,69—1,0
Пейзаж (сельский и городской) без переднего плана летом при солнечном свете	1:10—1:30	1,0—1,47
Пейзаж без переднего плана против света	1:20—1:40	1,3—1,6
Пейзаж летний и зимний с передним светлым планом при прямом солнечном освещении	1:20—1:60	1,3—1,77
Пейзаж летний с темным передним планом при солнечном свете	1:100—1:300	2,0—2,47
Пейзаж зимний с темным передним планом при солнечном свете	1:300—1:400	2,47—2,60
Пейзаж с очень темным передним планом на фоне белых облаков	1:300—1:1000	2,47—3,0
Здания темные на фоне неба	1:100—1:200	2,0—2,3
Здания светлые на фоне неба	1:3—1:10	0,5—1,0
Узкие затемненные улицы с отдельными зданиями, освещенными солнцем	1:100—1:500	2,0—2,69
Темные пролеты, арки мостов и ворот с ярко освещенной солнцем далью за ними	1:1000—1:10 000	3,0—4,0
Группы в солнечный день в зависимости от цвета одежды и направления света	1:20—1:300	0,3—2,47
Группы в пасмурный день	1:10—1:60	1,0—1,77
Физкультурники на фоне снега	1:8—1:10	0,9—1,0
Портрет со светлыми волосами на фоне открытого пейзажа при солнечном освещении	1:10—1:12	1,0—1,07

Объект съемки	Интервал яркостей объекта	
	в арифметическом выражении	в логарифмическом выражении
Портрет с темными волосами на фоне открытого пейзажа при солнечном освещении	1:20—1:100	1,3—2,0
Внутренний вид комнаты (без окон в кадре)	1:8—1:12	0,9—1,07
Внутренний вид светлой комнаты, снимаемой против окон без подсветки	1:100—1:500	2,0—2,69
Внутренний вид темной комнаты, снимаемой против ярко освещенных окон без их подсветки фотовспышкой	до 1:100 000	до 5,0
Машины светлоокрашенные	1:40—1:100	1,6—2,0
Машины темноокрашенные с полированными деталями	1:100—1:10 000	3,0—4,0
Печатный текст	1:20—1:30	1,3—1,47
Печатные полутоновые рисунки	1:4—1:5	0,6—0,69
Рисунки тушью на белой бумаге	1:40—1:50	1,6—1,7

Поэтому истинное значение интервала яркостей объекта трудно определить по визуальному наблюдению. Это надо делать специальным экспонометром или по данным табл. 5. Отнести же объект к той или иной группе в табл. 5 нетрудно.

Светочувствительный же слой фотоматериала механически воспроизводит все тона объекта, независимо от их числа и взаимного расположения, если интервал яркостей объекта не больше полезной фотографической широты фотоматериала *.

Рассмотрим теперь, какую роль при съемке играет интервал яркостей объекта. Для этого вместо установленной в § 7 зависимости между логарифмом количества освеще-

* Полезная фотографическая широта — интервал экспозиций, ограниченный точками минимального полезного градиента кривой почернений фотоматериала. Она характеризует максимальную способность фотоматериала воспроизводить градацию яркостей объекта съемки.

Таблица 6

Классификация объектов по их интервалу яркостей

Качественная характеристика контраста объекта	Интервал яркостей объекта	
	соответствующий контрасту объекта	среднее значение интервала яркостей
Очень малоконтрастный	0,3—0,47	0,38 (0,4)
Малоконтрастный	0,6—0,9	0,75 —
Нормального контраста	1,0—1,47	1,23 (1,2)
Контрастный	1,6—2,0	1,8 —
Очень контрастный	2,17—3,0	2,58 (2,6)
Чрезмерно контрастный	4,0 и выше	4,0 —

ния ($\lg H$) и оптической плотностью (D) выведем аналогичную зависимость между логарифмом яркостей ($\lg B$) и D.

При съемке световой поток, отраженный объектом, проходя через объектив фотоаппарата, создает на фотоматериале оптическое изображение объекта. При этом освещенности (E) участков объекта на фотоматериале пропорциональны яркостям участков объекта, т. е. они будут равны: $E_1 = kB_1^{об}$; $E_2 = kB_2^{об}$; $E_3 = kB_3^{об}$; $E_4 = kB_4^{об}$; $E_5 = kB_5^{об}$ и т. д., где k — некоторый коэффициент, зависящий от относительного отверстия фотообъектива, величины выдержки и ряда других причин.

Обозначим через $B_1^{об}$ и $B_2^{об}$ яркости двух участков объекта, которые создадут на фотоматериале освещенности E_1 и E_2. При съемке с выдержкой t *сек* фотоматериал получит две экспозиции (количества освещения): $H_1 = E_1 t$ и $H_2 = E_2 t$. Поскольку $E_1 = kB_1^{об}$, $E_2 = kB_2^{об}$, то

$$H_1 = kB_1^{об} t \text{ и } H_2 = kB_2^{об} t. \qquad (10)$$

После проявления под экспозицией H_1 на негативе получится почернение с оптической плотностью D_1, а под экспозицией H_2—D_2. Разность (интервал Δd) между ними составит $\Delta d = D_2 - D_1$.

Для решения поставленной задачи прологарифмируем выражения 10:

$$\lg H_1 = \lg kB_1^{об} t \text{ и } \lg H_2 = \lg kB_2^{об} t.$$

Возьмем их разность:

$$\lg H_2 - \lg H_1 = \lg kB_2^{об} t - \lg kB_1^{об} t.$$

Сделав преобразования и сокращения, получим

$$\lg H_2 - \lg H_1 = \lg B_2^{об} - \lg B_1^{об}.$$

Выразив разность логарифмов экспозиций и яркостей через $\Delta \lg H$ и $\Delta \lg B^{об}$, получим зависимость

$$\Delta \lg H = \Delta \lg B^{об}. \qquad (11)$$

Согласно последнему равенству заменим в формуле 3 $\Delta \lg H$ величиной $\Delta \lg B^{об}$:

$$\gamma_{нег} = \frac{\Delta d}{\Delta \lg B^{об}}. \qquad (12)$$

Таким образом, коэффициент контрастности, до которого проявлен негатив, можно также выразить отношением приращения (интервала) оптических плотностей почернений к разности яркостей объекта, их вызвавших.

Из формулы 12 находим

$$\Delta d = \gamma_{нег} \cdot \Delta \lg B^{об}. \qquad (13)$$

Следовательно, приращение плотности почернений (Δd), выражающее разность двух почернений у негативного изображения, зависит от коэффициента контрастности ($\gamma_{нег}$) и разности логарифмов отношения яркостей двух участков объекта. Чем больше $\gamma_{нег}$ и $\Delta \lg B^{об}$, тем выше Δd.

Величина приращения Δd определяет градацию тонов негативного изображения: при небольших значениях Δd градация тонов у негатива будет *мягкой* (малоконтрастной), а при больших их значениях — *жесткой* (контрастной), средние значения этих величин дают *нормальную градацию тонов*.

Если вместо разности яркостей соседних участков объекта взять отношение его максимальной яркости к минимальной, т. е. интервал его яркостей, то получим зависимость интервала оптических плотностей негатива ($\Delta D^{нег}$) от интервала яркостей объекта и $\gamma_{нег}$:

$$\Delta D^{нег} = \gamma_{нег} (\lg B_{макс}^{об} - \lg B_{мин}^{об}). \qquad (14)$$

Заменяя разность логарифмов яркостей символом l_0, получим

$$\Delta D^{нег} = \gamma_{нег} \cdot l_0. \qquad (15)$$

Этот вывод относится к случаю, когда негативное изображение построено почернениями прямолинейного участ-

ка кривой почернений, т. е. когда выдержка была определена правильно. При передержке и недодержке, особенно значительных, эта зависимость не соблюдается.

Формула 15 устанавливает зависимость интервала оптических плотностей негатива от интервала яркостей объекта съемки и коэффициента контрастности, до которого велось проявление. Согласно этой формуле $\Delta D^{нег}$ тем больше, чем выше $\gamma_{нег}$ и l_0.

Но формула 15 не учитывает влияние рассеяния света в фотоаппарате, величина которого зависит от конструкции объектива, степени чернения стенок камеры фотоаппарата, отражательной способности поверхности фотопленки и характера фотографируемого объекта.

Рассеянный свет, накладываясь на оптическое изображение объекта съемки, осветляет его, вследствие чего уменьшаются интервал яркостей оптического изображения объекта и контраст между его деталями. Подобное явление наблюдается и при рассматривании изображения на экране телевизора, когда помещение сильно освещено. Достаточно потушить свет, чтобы контраст изображения на экране увеличился.

Такое уменьшение контраста изображения в фотоаппарате выражается формулой

$$l_и = \beta_с \cdot l_0, \qquad (16)$$

где $l_и$ — интервал яркостей оптического изображения, $\beta_с$ — коэффициент потери контраста от светорассеяния и l_0 — интервал яркостей объекта.

Коэффициент потери контраста зависит от уровня яркости объекта: чем он выше, тем больше значение $\beta_с$. При слабом освещении, например в пасмурный день, особенно осенью, коэффициент потери контрастности мало отличается от единицы, и им можно пренебречь при расчетах, о которых будет сказано ниже.

Коэффициент потери контраста неодинаков у оптического изображения: в тенях изображения он значительно больше, чем в светах. Кроме того, его величина зависит от размера площади, занимаемой ярким участком изображения. Например, когда безоблачное небо, или небо с легкими белыми облаками, или ярко освещенный снежный покров и т. д. заполняют значительную часть кадра, то интервал яркостей оптического изображения будет меньше, чем выше интервал яркостей объекта.

Если в кадре имеются небольшие ярко освещенные участки, предположим источники света в ночных снимках,

белый воротничок или белые украшения при портретной съемке и т. д., то интервал яркости оптического изображения мало отличается от интервала яркости объекта.

В зависимости от величины интервала яркостей объекта (см. табл. 5 и 6) и характера их расположения в кадре можно принять приведенные в табл. 7 средние значения коэффициента потери контраста, которыми и пользоваться для приближенных расчетов интервала оптических плотностей негатива.

Примеры.

1. Фотографируют летом с нормальной выдержкой пейзаж без переднего плана, освещенный солнцем, в кадре небо занимает значительную площадь. Согласно табл. 5, его минимальный интервал яркостей $l_0=1$. Тогда интервал яркостей оптического изображения, согласно табл. 7, составит $l_и=1\times0,6=0,6$.

Таблица 7

Среднее значение коэффициента потери контраста оптического изображения

Характеристика объекта	Коэффициент β_c
Объект с очень большим интервалом яркостей (от 2,17 до 4)	0,6
Объект со средним интервалом яркостей (от 1,0 до 1,47), имеющий значительные участки с большой яркостью	0,6
Объект с повышенным интервалом яркостей (от 1,6 до 2,0)	0,7
Объект со средним интервалом яркостей (от 1,0 до 1,47), у которого нет значительного участка с большой яркостью	0,8
Объект с малым интервалом яркостей (от 0,6 до 0,9)	0,8
Объект с очень небольшим интервалом яркостей (от 0,3 до 0,47)	0,9

2. Снимают этот пейзаж при равных условиях освещения и экспонирования, но небо в кадре занимает незначительную площадь. Тогда, согласно табл. 7, $\beta_c=0,8$, а интервал яркостей оптического изображения уже равняется $l_и=1\times0,8=0,8$.

Вследствие чего у второго негатива при равных условиях проявления интервал оптических плотностей будет больше, чем у первого, т. е. изображение на нем получится более контрастным.

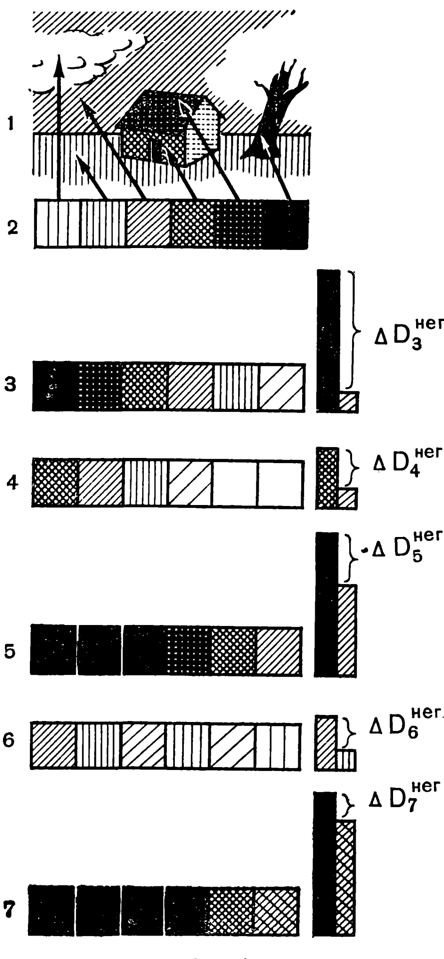


Рис. 20.
Схема, поясняющая сущность интервала оптических плотностей почернений негатива: *1* — сюжет, *2* — шкала его яркостей, $\Delta D_3^{\text{нег}}$ — интервал плотностей негатива при нормальной выдержке, $\Delta D_4^{\text{нег}}$ — при недодержке, $\Delta D_5^{\text{нег}}$ — при передержке, $\Delta D_6^{\text{нег}}$ — при недопроявлении и $\Delta D_7^{\text{нег}}$ — при перепроявлении. Вертикальные прямоугольники условно обозначают величину оптической плотности почернений

Зависимость интервала оптических плотностей негатива от интервала яркостей оптического изображения и коэффициента контрастности, до которого проявлен негатив, можно выразить, заменив в формуле 15 значение l_0 значением $l_{и}$:

$$\Delta D^{\text{нег}} = \gamma_{\text{нег}} \cdot l_{и}. \qquad (17)$$

Таким образом, *интервал оптических плотностей негатива прямо пропорционален коэффициенту контрастности негатива и интервалу яркостей оптического изображения*, т. е. формула 17 устанавливает зависимость интервала оптических плотностей негатива от условий проявления и характера снимаемого объекта.

Найденная закономерность очень важна для позитивного процесса, так как определение величины $\Delta D^{\text{нег}}$, даже примерное, облегчает подбор фотобумаги к негативу.

Из вышеприведенной формулы еще вытекают три важных для практики следствия, которые фотолюбитель в своей работе должен учитывать.

1. Величина интервала оптических плотностей почернений у разных негативов на одной фотопленке зависит только от интервала яркостей оптического изображения снимаемых объектов, поскольку все негативы на ней бывают проявлены до одного значения коэффициента контрастности. Например, если фотопленку обрабатывать при 20° в проявителе № 2 или в Д-76 в течение времени, указанного на упаковке, то $\gamma_{нег}$ *всех кадров* будет равняться 0,8.

2. Полное соответствие интервала оптических плотностей почернений негатива и интервала яркостей оптического изображения наступает, когда коэффициент контрастности, до которого проявлен негатив, равен единице. Если он больше единицы, то $\Delta D^{нег}$ больше $l_{и}$, если меньше — то $\Delta D^{нег}$ меньше $l_{и}$. Величину коэффициента контрастности регулируют, изменяя продолжительность проявления: укорачивая его, уменьшают $\gamma_{нег}$, удлиняя — увеличивают.

3. Интервал оптических плотностей почернений негатива не зависит от величины выдержки, если при съемке используется прямолинейная область кривой почернений. Это бывает, когда фотографируют объект с небольшим интервалом яркостей на фотоматериале с большой фотографической широтой. В этом случае, как известно, может быть несколько «правильных» выдержек. Каждая из них даст негативное изображение, почернения которого будут лежать на разных участках области пропорциональной передачи кривой почернений. Чем больше «правильная» выдержка, тем более плотным получится негатив; чем она меньше, тем менее плотным будет негатив. Однако интервал оптических плотностей почернений у всех таких негативов будет одинаковым.

При съемке с большой недодержкой или передержкой интервал оптических плотностей негатива зависит от величины выдержки, так как градиент кривой почернений в этих областях не является величиной постоянной, а изменяется в зависимости от количества освещения, подействовавшего на светочувствительный слой.

Наибольшей величины $\Delta D^{нег}$ достигает при правильной выдержке и проявлении до $\gamma_{макс}$. Большая недодержка или передержка, значительное недопроявление или перепроявление уменьшают интервал оптических плотностей негатива (рис. 20). В последнем случае — из-за образования большой вуали.

10. ВЛИЯНИЕ СЕНСИТОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НЕГАТИВА НА ПОЗИТИВНЫЙ ПРОЦЕСС

Перед фотографической печатью необходимо установить, можно ли непосредственно получить отличный фотоотпечаток с данного негатива или для этого необходимо его предварительно усилить, ослабить, подвергнуть какой-либо другой обработке, или любое его исправление не даст приемлемый отпечаток. Такое заключение делают на основе анализа градационных и структурных свойств негатива. Градационные его параметры служат критериями для подбора фотобумаги, а структурные параметры определяют предельно допустимый масштаб увеличения позитива.

Градационные свойства негатива определяют следующие сенситометрические параметры:

1) величина оптической плотности вуали, D_0;

2) наименьшая оптическая плотность почернения, $D_{мин}$;

3) наибольшая оптическая плотность почернения, $D_{макс}$;

4) оптическая плотность почернения сюжетно важной детали изображения, D_F;

5) интервал оптических плотностей почернений, $\Delta D^{нег} = D_{макс} - D_{мин}$;

6) общая (интегральная) оптическая плотность негатива, $\frac{D_{макс} + D_{мин}}{2}$;

7) коэффициент контрастности, до которого проявлен негатив, $\gamma_{нег}$.

Структурные свойства негатива характеризуют следующие параметры: 1) зернистость, 2) резкость изображения и 3) степень разрешения мелких деталей.

Ниже рассмотрим, какие численные значения этих параметров негатива являются наилучшими для позитивного процесса и какие отклонения от их оптимальных величин допустимы.

Оптическая плотность вуали, D_0, представляет собой, как уже указывалось, почернение, образовавшееся в процессе проявления на тех участках негатива, где светочувствительный слой фотоматериала не подвергался воздействию света при экспонировании. Величина вуали зависит от величины светочувствительности негативного фотоматериала. По ГОСТу она не должна быть выше: 0,05 — у пленок «Фото-32»; 0,1— у «Фото-65»; 0,15 — у «Фото-130» и

0,2—у «Фото-250». На изоортохроматических и изохроматических фотопластинках вуаль несколько выше этих показателей.

На рис. 21 приведены шкалы, по которым можно качественно определить, имеет негатив приемлемую или слишком большую величину вуали.

Если негативный фотоматериал обладает повышенной вуалью, например из-за длительного его хранения в не-

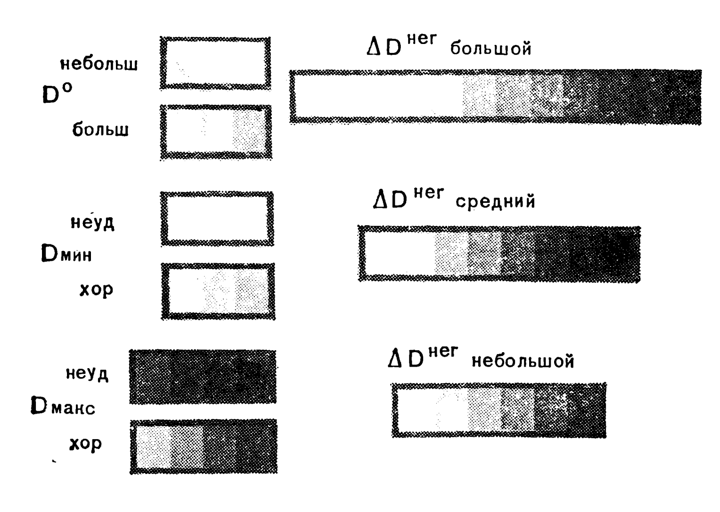


Рис. 21.
Различные виды почернений негатива

благоприятных условиях, то в тенях негатива мельчайшие детали обычно не прорабатываются. Поэтому на таких негативных фотоматериалах снимать не рекомендуется.

Величина вуали D_0 зависит от продолжительности проявления: наименьшей она будет при недопроявлении, наибольшей — при перепроявлении.

Как уже указывалось, во время экспонирования на светочувствительный слой фотоматериала накладывается паразитное освещение, образующееся из-за рассеяния света объективом и стенками камеры фотоаппарата, которое уменьшает контраст негативного изображения из-за образования равномерного почернения так называемой вуали засветки. Чем длительнее выдержка, тем больше вуаль засветки, особенно при перепроявлении, тем меньше деталей у негативного изображения, причем наибольшая по-

теря деталей будет в тенях изображения, а в светáх — значительно меньшая.

Вуаль всех видов удлиняет выдержку при печати.

Наименьшая оптическая плотность почернения негатива, $D_{мин}$, называемая фотографами в обиходе «глубокими тенями негатива», представляет собой наиболее прозрачный участок негативного изображения. Величина его почернения определяется количеством освещения, полученным негативным фотоматериалом от наиболее темного участка объекта съемки, и продолжительностью проявления. Такой участок на негативе визуально определяется легко. Степень его непрозрачности в практике фотолюбителя качественно оценивается сопоставлением с оптической плотностью вуали на участках негатива, не подвергнутых действию света.

Величина минимальной оптической плотности почернения у негативов с различными сюжетами колеблется, как показали измерения многих негативов, весьма значительно. Также установлено отсутствие какой-либо связи между $D_{мин}$ и видом сюжета.

Необходимо выбирать такую выдержку при съемке, чтобы количество освещения от наиболее темных участков объекта давали бы почернения, соответствующие нижней части области пропорциональной передачи кривой почернений. Однако, как показала практика, почти без ущерба для качества позитивного изображения минимальная оптическая плотность у негатива может быть несколько меньше оптической плотности начала прямолинейной области кривой почернений, т. е. лежать в самой верхней части области недодержек.

Если же минимальная оптическая плотность почернения значительно превышает оптическую плотность начала прямолинейной области кривой почернений, что вызывается большой выдержкой, то такой негатив обладает повышенной оптической плотностью и увеличенной зернистостью. Печать с него затруднена. Поэтому, если интервал яркостей объекта и фотографическая широта*

---

* Фотографическая широта — интервал экспозиций, ограниченный точками начала и конца прямолинейного участка кривой почернений. Она характеризует способность фотоматериала с одинаковой степенью контрастности передавать на негативе больший или меньший интервал яркостей объекта съемки. Чем больше фотографическая широта, тем более значительную градацию яркостей объекта фотоматериал воспроизводит почернениями, пропорциональными экспозициям. Фотографическая широта меньше полезной фотографической широты (см. примечание на стр. 47).

негативного материала позволяют произвести съемку с рядом «правильных» выдержек, то надо пользоваться минимальной из возможных.

Превышение минимальной оптической плотности над величиной вуали ($D_{мин}-D_0$) показывает, как переданы мельчайшие детали в тенях негатива, т. е. в его прозрачных местах. Чем меньше вуаль у негативного фотоматериала, тем больше получается деталей (рис. 22) на негативе (разумеется, если выдержка правильная, при недодержке и передержке у негативного изображения меньше деталей).

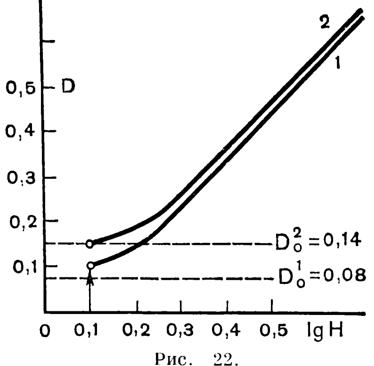


Рис. 22.
Схема, иллюстрирующая влияние величины вуали (D_0) на передачу деталей негативным изображением. У первого фотоматериала $D_0^1=0{,}08$, у второго $D_0^2=0{,}14$. Поэтому количество освещения, логарифм которого равен 0,1, на первом фотоматериале даст изображение детали, так как ее почернение превышает плотность вуали; на втором — не даст из-за равенства почернения и вуали

Какова же наиболее благоприятная величина минимальной оптической плотности почернения для позитивного процесса? Опыт показывает, что когда глубокие тени негатива слишком прозрачны ($D_{мин}=0{,}08-0{,}15$), то печать с такого негатива затруднена и детали в тенях позитивного изображения могут не выйти, хотя на негативе они имеются. В этом случае прибегают к частичному или общему усилению. Статистикой установлено, что сюжетные негативы с минимальной оптической плотностью 0,4—0,7 являются хорошими, разумеется, если другие их показатели, рассматриваемые ниже, будут удовлетворительными (см. рис. 21).

У негативов со штриховой репродукцией $D_{мин}$ должна быть минимальной при самой незначительной вуали. У негативов с полутоновой репродукцией $D_{мин}$ должна обеспечить проработку деталей в тенях.

При съемке натурных сюжетов и репродуцировании выдержка и проявление должны иметь такую продолжительность, чтобы на негативе получалось оптимальное значение минимальной оптической плотности почернения при возможно меньшей оптической плотности остальных участков негатива.

Наибольшая оптическая плотность почернения негатива, $D_{макс}$, называется фотографами в обиходе «сильными светами негатива». Это наиболее непрозрачный участок негативного изображения. Величина почернений его зависит от количества освещения, подействовавшего на светочувствительный слой негативного фотоматериала от наиболее яркой части объекта съемки и от продолжительности проявления.

Для максимальной оптической плотности почернения, как и для минимальной, не установлено никакой связи с видом сюжета: у разных негативов с различными сюжетами $D_{макс}$ имеет самые разные значения. Однако $D_{макс}$ *тем больше, чем выше у объекта интервал яркостей.*

Большая оптическая плотность ухудшает качество негатива, так как в его плотных участках разрешающая способность уменьшена, отчего падает деталированность негативного изображения и негатив содержит меньше информации о снятом объекте. Увеличивается зернистость, а при использовании области передержек снижается и контраст изображения из-за уменьшения различий почернений, соответствующих различиям наиболее ярких мест объекта.

Затем участки негатива с большой оптической плотностью пропечатываются с трудом: для проработки этих деталей приходится перепечатывать другие части негатива, ухудшая тем качество позитива. Например, если небо на негативе передержано, то на позитиве оно выходит белым пятном без деталей, что сильно портит впечатление от снимка.

Статистикой установлено, что сюжетные негативы со средней максимальной оптической плотностью считаются хорошими, а с большой — неудовлетворительными (см. рис. 21). Поэтому при съемке надо избегать даже небольших передержек, так как у негативных фотоматериалов оптическая плотность 2,0 часто является началом области передержек кривой почернений. Слегка передержанный негатив можно непосредственно использовать для печати. Когда передержка значительна, негатив необходимо предварительно ослабить в ослабителе с красной кровяной солью.

Как правило, съемку натурных сюжетов надо производить с минимальной из возможных «правильных» выдержек, чтобы получить негатив с небольшой максимальной оптической плотностью.

Максимальная оптическая плотность должна быть у штриховых репродукций возможно большей при мини-

мальной вуали, а у полутоновых репродукций — средней величины. Продолжительность выдержки и проявления надо регулировать так, чтобы негативы имели указанные оптимальные значения максимальной оптической плотности почернения.







Рис. 23. Оптическая плотность сюжетно важного участка негатива

Оптическая плотность почернения сюжетно важного участка изображения, D_F, является основным участком негатива, так как на нем сосредоточивается внимание зрителя. Поэтому эта деталь должна иметь небольшую плотность, хорошо проработанные детали и незначительную зернистость. В этом случае на позитиве сюжетно важная деталь будет передана наиболее удовлетворительно.

Особое значение сюжетно важная деталь имеет в портретной фотографии. Обычно это лицо портретируемого. На рис. 23,*а* — оптическая плотность сюжетно важной детали недостаточная, на рис. 23,*б* — хорошая, а на рис. 23,*в* — неудовлетворительная из-за большой плотности лица. Слишком плотное лицо на негативе дает при печати на позитиве белую, лишенную деталей маску.

Интервал оптических плотностей почернений негатива, $\Delta D^{\text{нег}}$, показывает, насколько у него максимальная оптическая плотность почернения больше минимальной оптической плотности почернения, т. е. $\Delta D^{\text{нег}} = D_{\text{макс}} - D_{\text{мин}}$. По терминологии практиков-фотографов, это понятие характеризует, насколько оптическая плотность «сильных светов негатива» превышает оптическую плотность «глубоких теней негатива». Часто интервал оптических плотностей почернений называют *контрастом негатива**.

---

* Контраст негатива нельзя отождествлять с его контрастностью — это разные понятия. Контрастность негатива зависит только от коэффициента контрастности, до которого проявлен не-

Интервал оптических плотностей негатива является основным критерием для подбора фотобумаги к негативу.

Поскольку интервал оптических плотностей негатива представляет собой разность максимальной и минимальной плотностей негативного изображения, то исходя из вышеприведенных оптимальных значений для этих плотностей $\Delta D^{нег}$ у сюжетных негативов должен составлять 0,5—1,0 (см. рис. 21). У негативов со штриховой репродукцией $\Delta D^{нег}$ не должен быть ниже 2,0 а у негативов с полутоновой репродукцией — превышать 2,0.

Интервал оптических плотностей почернений, как уже указывалось, тем больше, чем выше интервал яркостей объекта и коэффициент контрастности фотоматериала.

В табл. 8 даны величины интервала оптических плотностей почернений негативов, полученных при съемке с нормальной выдержкой различных сюжетов на фотопленке «Фото-32», «Фото-65», «Фото-130» и «Фото-250». Проявление их велось в течение времени, указанного на упаковке, в стандартном проявителе № 2 или в проявителе Д-76. Интервалы оптических плотностей вычислены по формуле 15.

Таблица 8

Величины интервалов оптических плотностей почернений негативов, полученных на отечественных фотопленках

Качественная характеристика контраста объекта	Средний интервал яркостей объекта, l_0	Интервал оптических плотностей, $\Delta D^{нег}$ (без учета потери контраста)
Очень малоконтрастный	0,4	0,32, округленно 0,3
Малоконтрастный	0,75	0,6 » 0,6
Нормального контраста	1,2	0,96 » 1,0
Контрастный	1,8	1,44 » 1,5
Очень контрастный	2,6	2,08 » 2,0
Чрезмерно контрастный	4	3,2 » 3,0

В данные табл. 8 надо вносить поправку, снижающую интервал оптических плотностей негатива из-за светорассеяния в фотоаппарате. Это делают по формуле 17, руководствуясь указаниями, приведенными в табл. 7.

гатив. Контраст же негатива, согласно формуле 17,— от величины коэффициента контрастности и интервала яркостей оптического изображения объекта.

Пример. Фотографировался объект с интервалом яркостей l_0=1—1,47, имеющий значительные участки с большой яркостью, вследствие чего коэффициент потери контраста β_c=0,6 (см. табл. 7). Следовательно, интервал яркостей оптического изображения l_0= (1×0,6) — (1,47×0,6)=0,6—0,88. В этом случае интервал оптических плотностей негатива при проявлении фотопленки до $\gamma_{нег}$=0,8 составит от 0,48 до 0,7. Откуда среднее значение $\Delta D^{нег}$=0,59 или, округленно, 0,6.

Полученное приближенное значение $\Delta D^{нег}$ позволяет избежать грубых ошибок при подборе фотобумаги к негативу.

К этому вопросу мы еще вернемся в § 35, в котором приводятся примеры определения интервала оптических плотностей негатива в связи с подбором к нему фотобумаги соответствующей контрастности.

Более точное значение интервала оптических плотностей негатива получают, измеряя перед съемкой фотоэлектрическим экспонометром интервал яркостей объекта и точно проявляя фотопленку в проявителе № 2 при температуре 20±0,5° в течение времени, указанного на этикетке упаковки.

Для удобства сведем в табл. 9 все показатели качества негатива, связанные с оптической плотностью почернений.

Таблица 9

Количественная характеристика качества негатива

Тип негатива	D_0 (не больше)	$D_{мин}$	$D_{макс}$	$\Delta D^{нег}$
Сюжетный:				
а) отличного качества	0,2	0,4—0,7	1,0—1,6	0,6—0,9
б) хорошего качества	0,25	0,3—0,8	0,8—2,0	0,5—1,2
Репродукция:				
а) штриховая	0,1	0,2	2,2 и выше	2,0 и выше
б) полутоновая	0,3	0,1—0,5 над вуалью	до 2,0	1,9—1,5

На рис. 24 и 25 изображены негативы, полученные при различных условиях съемки. Приведенные к негативам схемы показывают, какие области кривой почернений

использовались для построения изображений и какие интервалы оптических плотностей они имеют. Эти иллюстрации помогут фотолюбителю более правильно определять интервал оптических плотностей — этот важнейший для позитивного процесса параметр.

Подобные негативы получают на негативных фотопленках с $\gamma_{нег}=0{,}8$ и на фотопластинках мягкой

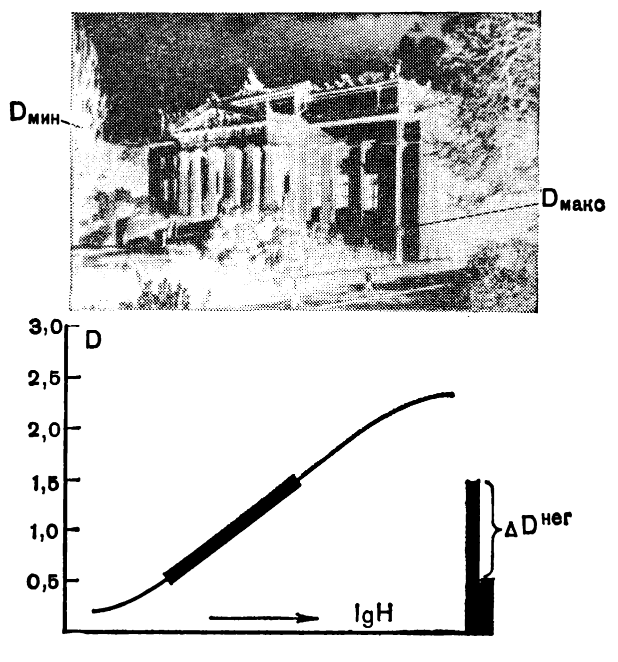


Рис. 24.
Негатив, почернения которого лежат в нижней части области пропорциональной передачи кривой почернений

контрастности с $\gamma_{нег}=1{,}0$, когда фотографируют сюжет нормального контраста ($l_0=1{,}0—1{,}2$). Если выдержка «минимально правильная», то почернения изображения соответствуют нижнему участку области пропорциональной передачи (см. рис. 24), если она «максимально правильная», то ее верхнему участку (см. рис. 25). В первом случае негативы имеют несколько меньшую общую оптическую плотность, чем во втором. Соответственно первые негативы требуют меньшей выдержки при печати, чем вторые, причем их печатают на одном и том же сорте фотобумаги.

Общая (интегральная) оптическая плотность негатива измеряется полусуммой минимальной и максимальной оптических плотностей негатива, т. е. $\frac{D_{\text{мин}} + D_{\text{макс}}}{2}$, и характеризует негатив по его плотности. Чем больше полусумма оптических плотностей, тем плотнее негативное изображение; чем она меньше, тем прозрачнее негатив.

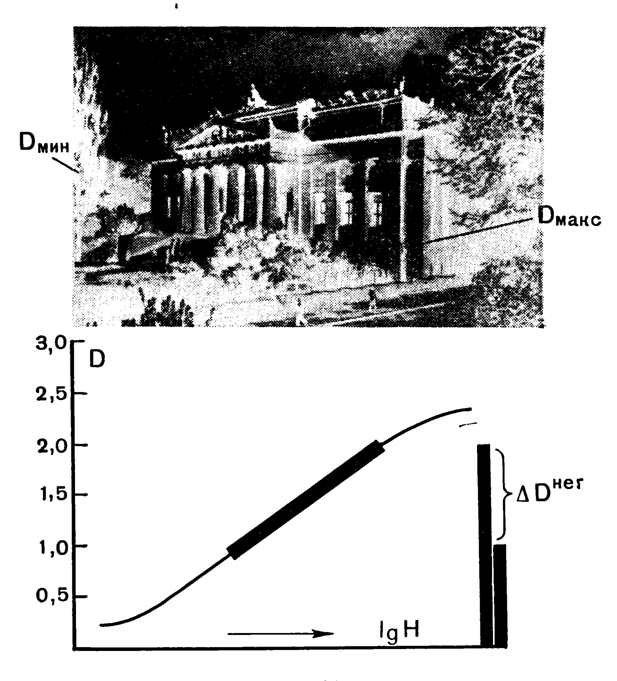


Рис. 25.
Негатив, почернения которого лежат в верхней части области пропорциональной передачи кривой почернений

Общая оптическая плотность зависит от трех факторов: выдержки, интервала яркостей оптического изображения объекта съемки и времени проявления.

Чем больше выдержка, интервал яркостей оптического изображения объекта съемки и продолжительнее проявление, тем больше общая плотность негатива; чем они меньше, тем меньше значение этого параметра негатива.

Классифицировать негативы по общей оптической плотности наиболее легко, так как даже начинающий фотолюбитель без колебаний отделит прозрачные негативы от плотных. По этому параметру негатива устанавливают при печати уровень его освещенности в копировальном станке

или фотоувеличителе. Освещенность негатива должна быть тем выше, чем больше его общая оптическая плотность, и и тем ниже, чем он прозрачнее (см. § 32).

Коэффициент контрастности негатива, $\gamma_{нег}$. Его величина должна соответствовать рекомендации промышленности, т. е. пленочные негативы надо проявлять до $\gamma_{рек} = 0,8$, а стеклянные негативы, полученные на «мягких» фотопластинках, — до $\gamma_{рек} = 1,0$, «нормальных» — до $\gamma_{рек} = 1,3$ и «контрастных» — до $\gamma_{рек} = 1,7$.

Как уже указывалось, для этого требуется обработку вести в стандартном проявителе в течение времени, рекомендованного промышленностью.

Только в некоторых случаях можно отступать от этого правила. Например, при портретной съемке продолжительность проявления лучше сократить на 1,5—2 *мин* с целью получения мягкого негатива с хорошо деталированным изображением, а время проявления негативов, с которых предполагается делать очень большие увеличения, увеличить на 2—3 *мин*. Практика показала, что с более контрастного негатива легче получить высококачественный позитив большего размера, чем с мягкого негатива.

Зернистость негатива представляет собой неравномерность структуры почернений негативного изображения, образующуюся при равномерном экспонировании светочувствительного слоя фотоматериала. Такая неравномерность почернения называется *макрозернистостью*, или *гранулярностью негативного изображения*. Она становится заметной,когда почернения негатива рассматривают в лупу с сильным увеличением или в микроскоп, а также при его проекции в крупном масштабе на экран или фотобумагу. В этом случае почернения негатива выглядят состоящими из множества темных пятнышек различной формы и размеров, разделенных светлыми промежутками (рис. 26), хотя поверхность снятого объекта такого строения не имела.

Макрозернистость негатива вызывается тем, что светочувствительный слой фотоматериала состоит из колоссального числа эмульсионных микрокристаллов галогенида серебра, распределенных в нем по закону случая. В результате чего в этом слое наряду со средней концентрацией микрокристаллов имеются зоны с сильно повышенной и с незначительной их концентрацией. Микрокристаллы светочувствительного слоя расположены по глубине друг над другом, и их можно условно разделить на 15—20 вертикальных рядов.

В процессе проявления они превращаются в «зерна» металлического серебра, размер которых несколько больше непроявленных микрокристаллов (рис. 27). Зерна серебра, подобно эмульсионным микрокристаллам, распределены неравномерно как на поверхности проявленного слоя, так и по его глубине. Их также можно разделить на ряд условных рядов, число которых несколько меньше, чем у непроявленного фотоматериала, так как концентрация восста-

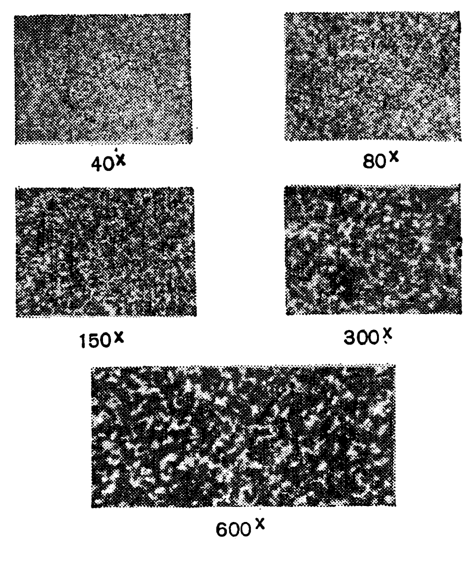


Рис. 26.
Структура проявления негативного слоя при различном увеличении (×)

новленного серебра постепенно уменьшается с глубиной слоя. Это вызывается тем, что при экспонировании происходит ослабление светового потока из-за поглощения его микрокристаллами светочувствительного слоя. Отчего в микрокристаллах около подложки фотопленки образуется меньше центров проявления, чем в микрокристаллах, находящихся у поверхности слоя, а поэтому первых будет проявлено меньше, чем вторых.

Световой поток, проходя через проявленный слой, встречает на своем пути зерна серебра, расположенные этажами друг над другом, при этом зерна, лежащие в верхних слоях, отбрасывают тень на ниже находящиеся зерна или их перекрывают. В результате зерна и их тени

проецируются друг на друга и тем самым создают картину как бы слипшихся зерен.

На макрозернистость негатива влияют следующие факторы.

Во-первых, величина эмульсионных микрокристаллов светочувствительного слоя фотоматериала: чем они круп-

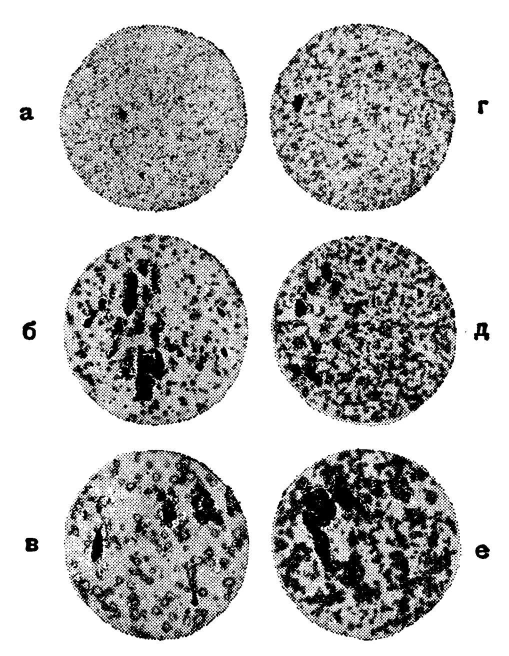


Рис. 27.
Микроскопическое строение негативного фотоматериала до и после проявления при одинаковом увеличении: *а* — малочувствительного, *б* — среднечувствительного, *в* — высокочувствительного, *г*, *д*, *е* — соответствующие им микрофотографии проявленных зерен

нее, тем выше макрозернистость негатива; чем они мельче — тем она меньше (см. рис. 27). Размеры микрокристаллов зависят от светочувствительности фотоматериала: например, у среднечувствительных фотопленок («Фото-65») их поперечник колеблется от 0,4 до 0,7 *мк*, а у высокочувствительных («Фото-250») — от 0,5 до 2 *мк*. Поэтому негативы, предназначаемые для больших увеличений, надо снимать на малочувствительных фотопленках.

Во-вторых, условия экспонирования: правильная выдержка дает негативы с минимальной макрозернистостью;

недодержка несколько ее увеличивает, причем на позитиве она становится еще более заметной при печатании на очень контрастной фотобумаге; передержка также ухудшает макрозернистость негатива.

В-третьих, условия проявления: обработка фотоматериала в медленно работающем выравнивающем, так называемом мелкозернистом проявителе уменьшает макрозернистость негатива; проявление фотоматериала в быстроработающем энергичном проявителе увеличивает макрозернистость. Улучшение макрозернистости при обработке фотоматериала в первом проявителе происходит из-за проявления негатива до небольшого коэффициента контрастности и малой оптической плотности с хорошей проработкой деталей в тенях и светах изображения, чего нельзя получить в энергично работающем проявителе.

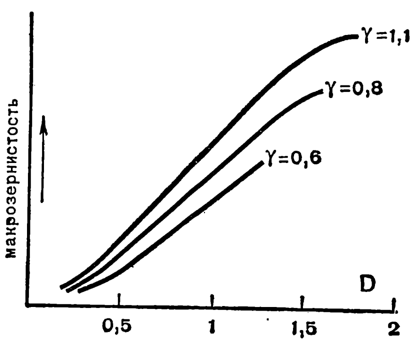


Рис. 28.
Схема, поясняющая зависимость макрозернистости от величины γ и D негатива

Удлинение проявления увеличивает коэффициент контрастности и оптическую плотность негатива, следовательно, и его макрозернистость, поэтому надо избегать перепроявления (рис. 28). Аналогично на макрозернистость негатива действует повышение температуры проявителя. Если она выше 20°, то время проявления определяют по графику Стокса (см. § 8).

В-четвертых, нормальные условия сушки негатива не влияют на его макрозернистость. Быстрая сушка при повышенной температуре и небольшой относительной влажности воздуха несколько ее увеличивает.

При печати макрозернистость позитива всегда выше макрозернистости негатива (см. § 44).

Резкость негатива. Резкость негативного изображения — субъективное впечатление, получаемое при его рассматривании с расстояния наилучшего зрения и зависящее от степени размытости контуров деталей изображения. Изображение считается резким, если диаметр дисков нерезкости, вызывающий размытость контуров, не превышает: 0,03 *мм* — у малоформатного негатива, 0,05 *мм* — у

негативов 6×6 *см* и 6×9 *см* и 0,1 *мм* — у негативов большого формата.

Степень резкости негативного изображения фотограф обычно определяет визуально по четкости линий раздела светлых и темных частей изображения, например по переплетам рам окон, тонким веткам на фоне неба, глазам и т. д. Чем больше размытость границы раздела, тем меньше резкость негативного изображения.

Этот параметр негатива может быть также выражен объективно некоторой величиной, называемой *контурной резкостью*, или *остротой*, которая зависит от ширины переходной зоны на границе деталей изображения, имеющих разную оптическую плотность почернений, в частности между изображением и неэкспонированным участком светочувствительного слоя.

На фотографическом изображении нельзя непосредственно измерить ширину переходной зоны и, следовательно, количественно определить степень его резкости. Для этого пользуются косвенным способом: на кусочке фотоматериала, на котором будут снимать, экспонируют лезвие бритвы, плотно прижав его к светочувствительному слою. На фотоматериале после обработки образуется почернение не только на участке, не закрытом бритвой, но и под ней. Его плотность постепенно уменьшается, и на некотором расстоянии от изображения край лезвия бритвы становится неотличимым от вуали. Это почернение и представляет собой *переходную зону. Чем она шире, тем менее резкими будут негативы, полученные на этом сорте фотоматериала.*

Контурная резкость негативного изображения тем выше, чем больше коэффициент контрастности фотоматериала и интервал яркостей фотографируемого объекта, чем меньше зернистость и толщина светочувствительного слоя и связанная с ней прямой зависимостью величина ореола отражения. Его образование, частичное или полное отсутствие зависят от степени противоореольной защиты фотоматериала.

Из перечисленных факторов основными являются зернистость и противоореольная защита. Мелкозернистые фотоматериалы рассеивают свет, проходящий при экспонировании через их светочувствительный слой, в меньшей степени, чем крупнозернистые. Поэтому у первых засвечиваются только микрокристаллы галогенида серебра, расположенные в непосредственной близости от оптического изображения, а у вторых — на значительном рас-

стоянии от него. Вследствие чего контурная резкость у мелкозернистых фотопленок, например у «Фото-32», выше, чем у крупнозернистых фотопленок, например у «Фото-250».

Лучи света ореола отражения вызывают дополнительное «паразитное» почернение на светочувствительном слое, ухудшая тем контурную резкость деталей, расположенных в зоне их действия. Поэтому, чем лучше противоореольная защита фотоматериала, тем выше контурная резкость изображения.

Разрешение негативом мелких деталей. Этот параметр негатива в основном определяет величина разрешающей способности фотоматериала, которая в свою очередь зависит от его контурной резкости и зернистости и связанной с ними светочувствительности. Поэтому, чем светочувствительнее фотоматериал, тем меньше его разрешающая способность, тем менее деталированным будет негатив.

Разрешающую способность фотоматериала выражают максимальным числом линий, раздельно переданных на фотографии специального текста, так называемой *миры*. Она представляет собой стеклянную пластинку, на которой нанесены группы штрихов с различным их числом на один миллиметр.

Фотографирование миры производят с различными выдержками с уменьшением в 25—30 раз. Полученный ряд уменьшенных изображений миры, так называемую *резольвограмму*, рассматривают в микроскоп с 50—80-кратным увеличением. На одном из изображений миры находят последнюю группу штрихов, у которой линии шкалы еще разрешены раздельно, т. е. не сливаются в сплошной серый фон. Число линий в этой группе на 1 *мм* определяет величину разрешающей способности фотоматериала.

Величина выдержки при съемке в значительной степени влияет на разрешающую способность и, следовательно, на передачу мелких деталей объекта на негативном изображении. Наиболее деталированным оно получается, когда фотографируют с выдержкой, наименьшей из оптимальных. Передержка при съемке и перепроявление уменьшают разрешающую способность и, следовательно, ухудшают воспроизведение мелких деталей на негативе. Надо заметить, что разрешение деталей также зависит от масштаба съемки и разрешающей силы объектива фотоаппарата. Чем мельче масштаб съемки, тем более жесткие требования предъявляются к разрешающей способности фотоматериала. Когда съемка производится фотоаппаратом с серийным объективом, разрешающая способность системы объектив—

светочувствительный слой всегда ниже разрешающей способности фотоматериала, определенной по резольвограмме, причем в центральной части изображения разрешение выше, чем на его краях.

Разрешающая способность системы фотообъектив + светочувствительный слой негативного фотоматериала ($R_{сис}$) приближенно определяется по формуле $\frac{1}{R_{сис}} = \frac{1}{R_{об}} + \frac{1}{R_{св}}$, где $R_{об}$ — количество линий на 1 *мм*, разрешаемых объективом при визуальном определении, а $R_{св}$ — количество линий на 1 *мм*, разрешаемых светочувствительным слоем.

У отечественных негативных фотопленок разрешающая способность должна быть не ниже: у «Фото-32» — 116, у «Фото-65» — 92, у «Фото-130» — 75 и у «Фото-250» — 70 линий на миллиметр.

Перед печатью рекомендуется устранять дефекты, имеющиеся на негативе, так как в этом случае ретушь позитива будет минимальной. В главе даны указания, как исправлять физико-химической обработкой и ретушью самые распространенные дефекты эмульсионного слоя и подложки негатива. Описаны способы уменьшения его градационных свойств ослаблением и усилением и изложены оптические и химические методы улучшения копировальной плотности негатива.

3. ПОДГОТОВКА НЕГАТИВА К ПЕЧАТИ

11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДНОСТИ НЕГАТИВА ДЛЯ ПЕЧАТИ

Перед подготовкой негатива к печати фотоснимков надо убедиться в том, что эмульсионный слой совершенно сухой. В этом случае поверхность слоя должна быть равномерно матовой. Наличие на эмульсионном слое пятен или небольших выпуклостей, заметных при рассматривании негатива под острым углом, указывает, что процесс его сушки еще не закончился.

Нельзя определять, высох ли эмульсионный слой негатива, дотрагиваясь до него, так как на недостаточно сухом эмульсионном слое всегда останутся отпечатки пальцев, устранить которые ретушью в большинстве случаев не удается.

Негатив, особенно малоформатный, не должен иметь даже незначительных повреждений эмульсионного слоя и подложки, что на практике удается редко.

Чем меньше формат негатива, тем более строгие требования предъявляются к нему в отношении чистоты его поверхности.

Многие дефекты негатива, незаметные или слабо заметные при непосредственном его осмотре, хорошо видны на увеличенном позитиве. Поэтому оценку качества негатива лучше делать с помощью лупы. Для рассматривания малоформатных негативов промышленность выпускает специальную лупу Л-5, снабженную пазами для протягивания фотопленки и пробойником для отметки кадра, выбранного для увеличения.

Когда для осмотра негативов пользуются обычной лупой, то у кадра, предназначаемого для увеличения, вырезают ножницами перемычку между двумя перфорационными отверстиями.

Дефекты негатива разделяются на неустранимые, исключающие его использование для печати, и устранимые последующей обработкой негатива.

12. НЕУСТРАНИМЫЕ ДЕФЕКТЫ НЕГАТИВА

Неустранимые дефекты возникают при съемке и лабораторной обработке.

Дефекты негатива, образовавшиеся при фотографировании.

1. Общая нерезкость негативного изображения из-за неточного фокусирования.

2. Частичная нерезкость изображения образуется, когда фотопленка коробится в фильмовом канале фотоаппарата из-за плохого ее натяжения перематывающим механизмом.

3. Нерезкость изображения движущегося объекта (смазанное изображение) вследствие несоответствия скорости экспонирования и скорости движения фотографируемого объекта (если этот дефект не сделан преднамеренно с композиционной целью).

4. Сдвиг контуров изображения из-за сотрясения фотоаппарата в момент выдержки (сдвоенное изображение).

5. Наличие рефлексов при съемке блестящих объектов.

6. Очень большие ореолы отражения на ночных снимках.

7. Частичная соляризация негативного изображения, образующаяся при съемке ярко освещенных объектов, например солнца.

8. Все виды засветки негативного фотоматериала, воз-

никающие во время зарядки в кассету или в фотоаппарате, когда в него проникает свет из-за неисправности корпуса.

9. Глубокие царапины на эмульсионном слое негатива, образующиеся при неаккуратной зарядке фотоматериала в кассету или в момент перемотки фотопленки: а) после очередной съемки, б) при протягивании фотопленки через рамку фотоувеличителя или смотровую лупу. Причина — образование на рамках заусенцев и их загрязнение.

10. Чрезмерно плотные негативы из-за большой передержки и очень прозрачные негативы в случае сильной недодержки (см. § 14).

Дефекты негатива, образовавшиеся при несоблюдении режима обработки фотоматериала.

1. Все виды засветок от лабораторного фонаря.

2. Краевая вуаль из-за старения светочувствительного слоя фотоматериала.

3. Электроразряды на фотопленке, имеющие вид темных елочек; причина — фабричный брак. Они также образуются от любого трения светочувствительного слоя до его проявления, например если по нему провести сухой рукой.

4. Мраморовидность негативного изображения; причина — недостаточное перемешивание проявителя при обработке негативного фотоматериала.

5. Ретикуляция — сморщивание эмульсионного слоя наподобие шагреневой кожи. Образуется из-за большой разницы температур обрабатывающих растворов, чаще всего закрепителя и промывной воды или когда эмульсионный слой фотоматериала плохо задублен при изготовлении (см. рис. 119).

6. Сползание эмульсионного слоя вследствие обработки фотоматериала в теплых растворах или из-за плохого дубления эмульсионного слоя при изготовлении.

7. Светлые полосы, начинающиеся от участков негатива с большой оптической плотностью. Образуются при вертикальном проявлении, когда не перемешивают раствор в бачке.

8. Прозрачные пятнышки и точки от пузырьков воздуха, прилипших к эмульсионному слою фотоматериала при его погружении в проявитель.

9. Пузыри разного размера, образовавшиеся, когда плохо задубленный негативный фотоматериал обрабатывают или промывают при повышенной температуре.

10. Неровные пятна и полосы. Они получаются, когда светочувствительный слой фотоматериала не сразу покрывается раствором проявителя.

11. Повреждение эмульсионного слоя бактериями и насекомыми, представляющее собой неровные пятна различной конфигурации.

12. Содранный ногтями слой с влажного негатива.

13. Подтеки расплавленной желатины. Причина — сушка негатива в помещении с высокой температурой, вблизи от отопительного прибора или на прямом солнечном свету.

14. Пыль, осевшая на эмульсионный слой негатива во время его сушки.

15. Изломы подложки фотопленки из-за неаккуратного обращения с негативом.

13. УСТРАНИМЫЕ ДЕФЕКТЫ НЕГАТИВА

В этом параграфе рассматриваются наиболее часто встречающиеся устранимые дефекты негатива.

Царапины на эмульсионном слое и подложке негатива. Они бывают очень тонкими (волосяными), если затронута только поверхность эмульсионного слоя или подложки, и легкими, когда повреждения проникли неглубоко. Длина царапин — от долей миллиметра до размера кадра. Часто на поверхности эмульсионного слоя образуется потертость, вызываемая трением негатива о грубую бумагу конверта, в которой он хранится.

Царапины и потертости на эмульсионном слое негатива выходят на позитиве белыми, когда их глубина незначительна, серыми — при более глубоком повреждении и черными, если они сквозные до подложки. Царапины на подложке при печати получаются на позитиве белыми.

Все виды царапин при контактной печати менее заметны на позитиве, чем при проекционной печати.

Такие дефекты негатива надо устранять. Сделать это ретушью, особенно на малоформатном негативе, трудно. Поэтому их удаляют физико-химическим воздействием на эмульсионный слой и подложку негатива или нанесением на них вязких веществ, коэффициент преломления которых равен или близок к коэффициенту преломления желатины или нитроосновы подложки.

Первый способ устранения. Волосяные царапины устраняют набуханием эмульсионного слоя: а) в очень слабом растворе соляной или серной кислоты (в 0,07—0,08%-ном растворе) и б) в 0,25—0,5%-ном растворе мыльной стружки.

Мыльный раствор одновременно с набуханием пластифицирует желатину слоя без увеличения его липкости

из-за образования мыльной пленки. Продолжительность набухания —3—5 *мин*, в зависимости от глубины и размеров волосяных царапин. Большую роль в устранении дефекта играет сушка набухшего слоя, которая не должна продолжаться более 5 *мин* при 40—50° С. Рекомендуется для этой цели пользоваться парикмахерским феном, направляя горячий воздух на негатив. Для контроля температуры воздуха, направляемого на негатив, рядом с ним кладут или подвешивают термометр.

Второй способ устранения волосяных царапин. Берут две тонкие стеклянные пластинки, не имеющие никаких повреждений на поверхности. По размеру они должны быть несколько больше негатива. Можно также использовать стекло от фотопластинок размером не более 9×12 *см*, так как фотопластинки малого формата изготовляются на наиболее тонком стекле. С двух фотопластинок смывают горячей водой эмульсию, тщательно моют и сушат их. Затем алмазом или стеклорезом вырезают две пластинки требуемого формата.

Когда стекла подготовлены, негатив опускают в глицерин. Через две-три минуты негатив вынимают и, дав стечь избытку глицерина, укладывают негатив эмульсионным слоем вниз на стеклянную пластинку и накрывают другой пластинкой. Предварительно на поверхности стеклянных пластинок, соприкасающихся с негативом, также наносят тонкий слой глицерина. Распределяют его по стеклу обычно пальцем.

Надо внимательно следить, чтобы между негативом и стеклами не было воздушных пузырьков. Если они образовались, то легким передвижением стекол пузырьки выводят за край негатива. Подготовленный таким образом негатив окантовывают тонкой хлорвиниловой изоляционной лентой или липким пластырем, очищают наружную сторону стекол и печатают.

После печати негатив можно раскантовать и промыть. Поскольку глицерин из желатины вымывается долго, промывать негатив надо в проточной воде и не менее 30 *мин*. Затем его высушивают и кладут в конверт на хранение.

Третий способ устранения. Им пользуются для уничтожения значительных царапин на подложке фотопленки. Заранее подготовляют, как указывалось во втором способе, два небольших стекла. На середину первого, слегка подогретого стекла наносят каплю канадского бальзама (слишком густой канадский бальзам разводят ксилолом). На каплю кладут негатив эмульсионным слоем. Затем

на подложку негатива наносят вторую каплю, которую накрывают вторым, также подогретым стеклом. Чтобы капли растеклись по поверхности негатива, стекла слегка сжимают. При этом надо следить, чтобы канадский бальзам равномерно распределился по всей площади негатива и между ним и стеклами не было бы незаполненного бальзамом пространства.

Убедившись в этом, негативы ставят на 2—3-дневную сушку в теплое место. После чего стекла окантовывают,

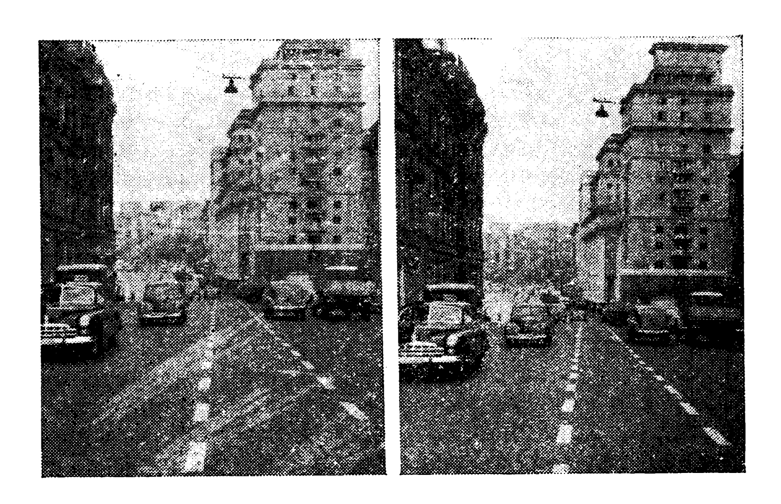


Рис. 29.
Слева — отпечаток с дефектного негатива, справа — с исправленного по третьему способу

а их наружную поверхность для удаления грязи и следов канадского бальзама протирают тампоном, смоченным очищенным бензином. При увеличении такого негатива на позитиве не будут видны даже грубые царапины, имеющиеся на подложке негатива. Этот способ имеет еще одно преимущество: изображение на фотоотпечатке получается более проработанным и более сочным по сравнению с изображением, напечатанным с неподготовленного негатива (рис. 29).

Надо заметить, что негатив настолько прочно склеивается со стеклами, что вторичное их использование для исправления другого негатива уже невозможно.

Четвертый способ устранения. Легкие царапины, имеющиеся только на подложке фотопленки, устраняют, про-

тирая ее тампоном, смоченным ацетоном или смесью его с этиловым спиртом (80% ацетона и 20% спирта). В первом случае подложка становится матовой, во втором — ее глянец сохраняется.

Отпечатки пальцев на негативе. Они образуются в трех случаях. Во-первых, когда к непроявленному фотоматериалу прикасались пальцами, смоченными проявителем или фиксажем. От проявителя отпечатки пальцев будут темными, а от фиксажа — светлыми. Во-вторых, когда к не вполне высохшему слою негатива прикасались пальцами. В этом случае он повреждается довольно глубоко. И в-третьих, если до непроявленного светочувствительного слоя или до сухого негатива дотрагивались потными пальцами. Первые два дефекта неустранимы. Редко удается заделать следы пальцев ретушью фотоотпечатка, полученного на матовой или зернистой фотобумаге. Третий вид дефекта можно удалить.

Устранение. Отпечатки потных пальцев удаляют: а) протирая негатив четыреххлористым углеродом, или фреоном-113, или очищенным бензином; б) раствором: хлористый натрий — 5 частей, уксусная кислота ледяная — 1 часть и вода — 50 частей. Раствор наливают в кювету и на свету протягивают негативы на фотопленке много раз через раствор, а негативы стеклянные и на плоской фотопленке купают в кювете, непрерывно ее покачивая. Когда отпечатки пальцев исчезнут, негативы промывают около часа в проточной воде и сушат.

Предотвращение. Чтобы избежать захвата пальцами, рекомендуется просмотр и сортировку негативов производить в легких нитяных перчатках.

Пятна от жира. Они образуются, когда масло попадает на светочувствительный слой фотоматериала до лабораторной обработки или непосредственно на негатив. Жировые пятна бывают обычно неправильной формы. Почернения под ними на позитиве имеют меньшую оптическую плотность по сравнению с плотностью окружающих их участков изображения.

Устранение. Масло, попавшее на негатив, удаляют тампоном, смоченным четыреххлористым углеродом или фреоном-113. Пятно от масла, попавшего на светочувствительный слой фотоматериала до его проявления, неустранимо.

Пыль. Вид дефектов, вызываемых пылью, зависит от того, когда она осела на эмульсионный слой фотоматериала.

А. Пыль, попавшая на фотоматериал до экспонирования, дает на негативе мелкие прозрачные точки и пятнышки. В этом случае поверхность эмульсионного слоя повреждений не имеет. На позитиве эти точки выходят черными.

Б. Пыль, осевшая на негатив во время сушки, делает эмульсионный слой шершавым. Будучи непрозрачной, она экранирует при печати мелкие детали изображения, отчего на позитиве образуются белые точки или пятнышки неправильной формы.

Предотвращение. 1. Предохранять фотоматериал от пыли. 2. Сушить негативы в закрытом шкафу воздухом, пропущенным через фильтр.

Устранение. 1. Прозрачные точки на негативе заделывают неактиничной краской — работа очень кропотливая и почти невыполнимая на малоформатном негативе. 2. Когда пылинок на негативе немного и они не проникли глубоко в желатину слоя, их удаляют, осторожно соскабливая скальпелем. Однако легче ретушировать их светлые отпечатки на позитиве.

Следы от капель на эмульсионном слое и подложке негатива. Они образуются после высыхания капель промывной воды, если их не удалить своевременно с подложки и с эмульсионного слоя негатива. Следы состоят из осадка солей, растворенных в воде. Кроме того, на эмульсионном слое образуются светлые пятна неправильной формы из-за более медленного высыхания желатины под каплей воды по сравнению с окружающим ее эмульсионным слоем.

Предотвращение. С промытого негатива надо осторожно снять капли воды, протерев его слегка влажным тампоном из «глазной» ваты.

Устранение. 1. Осадок солей со стеклянной или целлулоидной стороны негатива удаляют ватным тампоном; с первой — слегка смоченным в воде, со второй — спиртоаммиачным раствором следующего состава:

Аммиак концентрированный (25%-ный)	5 *мл*
Вода дистиллированная	95 *мл*
Спирт этиловый или денатурированный	100 *мл*

2. Пятна на эмульсионном слое от капель воды удаляют вторичной промывкой негатива в воде. Надо заметить, что это не всегда удается.

Негативы со шкалой почернений, не соответствующей шкале яркостей фотографируемого объекта. Такие негативы рассматриваются в § 14.

Молочно-желтая окраска негатива со стороны подложки. Такая окраска негатива вызывается недостаточным фиксированием, вследствие чего на всей поверхности эмульсионного слоя или на его части остается некоторое количество неудаленного галогенида серебра. Если не растворить в закрепителе этот остаток солей серебра, то негатив через некоторое время покроется неустранимыми желтыми или желто-коричневыми пятнами из-за образования сернистого серебра.

Устранение. Дополнительное и немедленное фиксирование в свежей порции закрепителя.

Налеты солей на поверхности эмульсионного слоя негатива. Они бывают различными по химическому составу.

А. *Налет бесцветный, похожий на морозные узоры.* Образуется, когда после закрепления негатив недостаточно промывался в воде, отчего в его эмульсионном слое остается некоторое количество тиосульфата натрия, который при сушке выкристаллизовывается на поверхности желатины.

Устранение. Свежий осадок тиосульфата натрия легко удаляется вторичной промывкой в воде. Если его своевременно не растворить, то через некоторое время на негативе образуются неустранимые желтые или желто-коричневые пятна, состоящие из сернистого серебра.

Если промывка в воде не дает результатов, то это указывает на другую природу налета.

Б. *Налет белый, мучнистый.* Он состоит из сульфита алюминия. Такой налет образуется истощенным фиксажем или загрязненным проявителем.

Устранение. Осадок сульфита алюминия легко удаляется промывкой негатива в течение нескольких минут в 5%-ном растворе углекислого натрия (соды) при температуре не выше 18°.

В. *Налет бесцветный или серо-белый.* От вышеописанных налетов отличается сетчатой структурой, заметной при рассматривании негатива на просвет. Это так называемая *кальциевая сетка.* Она состоит из известковых солей, образующихся, когда негативы промываются в жесткой воде.

Устранение. Налет легко удаляется, если негатив положить на несколько минут в 1%-ный раствор соляной кислоты. После этого его следует промыть и высушить.

Г. *Налет белый, опалесцирующий.* Он придает негативу вид сделанного на опаловой подложке. Налет образуется в фиксаже с повышенной кислотностью, которая вызывается избытком введенной в него кислоты. Он представляет собой мельчайшие частицы серы на поверхности и внутри эмульсионного слоя негатива. Если налет быстро не удалить, то негатив покроется желто-коричневыми пятнами из-за образования сернистого серебра.

Устранение. Негатив с таким дефектом помещают в 10%-ный раствор сульфита натрия, нагретого до температуры 30—40°. Осветляется негатив долго. Чтобы эмульсионный слой при обработке не сполз, его дубят 2—3 *мин* в растворе: формалин —10 *мл*, безводная сода —5 *г* и вода — 1 *л*. Когда негатив станет прозрачным, его тщательно промывают и сушат.

Д. *Налет металлического серебра.* Он серого цвета и представляет собой коллоидное серебро, выделившееся из проявителя и осевшее на поверхность эмульсионного слоя негатива. Этот дефект образуется, когда мелкозернистый проявитель, содержащий растворители галогенного серебра (сульфит натрия, роданистый калий), долго используется. За это время восстановленное серебро постепенно накапливается в растворе и оседает на негативе и стенках бачка, в котором проявляют фотопленку.

Предотвращение. 1. Пользоваться неистощенным проявителем. 2. Систематически чистить бачок, в котором обрабатывают фотопленку.

Устранение. Налет серебра легко удаляется, если непосредственно после промывки его стереть тампоном, предварительно положив негатив в сосуд с водой. С сухого негатива налет удалить невозможно.

Е. *Налет грязи на негативе.* Он имеет темно-серый цвет и представляет собой очень мелкие кусочки желатины, отделившиеся от обрабатываемых негативов, и твердые частицы, попавшие в раствор при растворении загрязненных химикатов. Если фотопленку не вращают в бачке, то эти вещества оседают на ее поверхности.

Предотвращение. Перед употреблением обязательно фильтровать растворы.

Устранение. Налет из грязи легко удалить, протирая негатив тампоном в сосуде с водой. С высохшего негатива такой налет удалить нельзя.

Дихроическая вуаль. Она имеет желтоватый или зеленоватый цвет в отраженном свете и красноватый в проходящем. Эта вуаль состоит из мельчайших частиц металли-

ческого серебра, распределенного в эмульсионном слое негатива. Причины ее возникновения: загрязнение проявителя фиксажем; слишком теплый проявитель; недостаточное ополаскивание негатива после проявления, отчего в фиксаж заносится много щелочи; недостаточно кислый, истощенный или слишком теплый фиксаж.

Устранение. Дихроическая вуаль удаляется одним из растворов: 1. Тиомочевина —1,5 *г*, лимонная кислота — 1,5 *г* и вода — до 125 *мл*. В нем негатив купают до исчезновения вуали, после чего негатив хорошо промывают и сушат.

2. Марганцевокислый калий —1 *г*, вода —1 *л*. В этот раствор негатив погружают на 5—7 *мин*. Образовавшуюся коричневую окраску и налет двуокиси марганца удаляют 5%-ным раствором метабисульфита калия или бисульфита натрия. Затем негатив тщательно промывают и сушат.

Желто-коричневая окраска негатива или пятна на нем такого же цвета. Если она возникает непосредственно во время обработки фотоматериала, то представляет собой продукты окисления проявляющего вещества. Чаще всего окраска образуется в процессе проявления при неполном повторном погружении негатива в проявитель после его осмотра или когда проявленный фотоматериал часто вынимают из раствора. В этом случае проявитель на тех участках эмульсионного слоя, которые соприкасаются с воздухом, окисляется, что и приводит к образованию пятен.

Устранение. Для удаления продуктов окисления проявляющего вещества сначала 2—3 *мин* задубливают эмульсионный слой негатива в 5%-ном растворе формалина, после чего негатив промывают 5—6 *мин*. Затем отбеливают негатив 3—4 *мин* в смеси следующих двух запасных растворов, взятых в равных объемах.

ЗАПАСНЫЕ РАСТВОРЫ

I.	**Марганцевокислый калий**	**1 *г***
	Вода	**200 *мл***
II.	**Хлористый натрий**	**15 *г***
	Серная кислота концентрированная	**8 *мл***
	Вода	**200 *мл***

Примечания.

1. Правила обращения с серной кислотой см. на стр. 16.

2. Марганцевокислый калий должен быть растворен полностью — иначе на негативе образуются трудно уда-

лимые точки. Поэтому перед употреблением его раствор лучше профильтровать через вату.

Во время отбеливания негатив покрывается коричневым налетом, состоящим из двуокиси марганца. Он удаляется погружением негатива в 10%-ный раствор метабисульфита калия или бисульфита натрия. После полного осветления негатива его промывают 3—4 *мин* и проявляют на сильном свету любым метолгидрохиноновым проявителем нормального состава. Использовать для этой цели мелкозернистые выравнивающие проявители нельзя из-за возможного ослабления вторичного изображения.

Ржавые пятна. Они представляют собой кирпично-красные или бурые пятна самой разнообразной формы, состоящие из окислов железа. Образуются, когда обработанная фотопленка подвешивается для сушки на железных зажимах или кнопках.

Предотвращение. Для подвешивания пленочных негативов использовать зажимы, сделанные из нержавеющей стали, пластмассы или дерева.

Устранение. Негатив размачивают в воде и помещают до исчезновения пятен в раствор: щавелевая кислота — 25 *г*, вода —500 *мл*. Затем его промывают 5—10 *мин* и сушат.

Хрупкость эмульсионного слоя негатива. Возникает, когда негатив пересушен. На таком негативе легко образуются трещины и изломы на эмульсионном слое.

Устранение. Пересушенный негатив надо размочить (10—15 *мин*) в воде и высушить до нормального содержания влаги (12—15%). Если на эмульсионном слое уже образовались трещины и изломы, то дефект неустраним.

Полная соляризация — превращение негатива в позитив.

Причины явления: чрезмерно длительная выдержка; очень краткое освещение до съемки негативного фотоматериала белым светом и засветка от лабораторного фонаря не полностью проявленного негатива.

Исправление. Получение на диапозитивной фотопластинке или позитивной фотопленке негативного изображения. Затем обычная печать на фотобумаге.

Темные штрихи и полосы с размытыми краями. Образуются, если до лабораторной обработки по светочувствительному слою фотоматериала случайно проводили каким-либо предметом или ногтем.

Устранение. Только ретушью на позитиве светлых штрихов или полос.

14. ГРАДАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕГАТИВА

Фотолюбители часто получают на одной фотопленке негативы, непригодные или мало пригодные для печати фотоснимков. Причиной тому — ошибки в выдержке при съемке, фотографирование объекта с большим интервалом яркостей и несоблюдение режима проявления, указанного в рецепте. Особенно часто фотолюбители не выдерживают температуру проявителя: *проявление в холодном растворе дает недопроявление, а в теплом растворе — перепроявление.*

Затем фотопленку обычно перепроявляют, когда для составления выравнивающих мелкозернистых проявителей (например, Д-76, ДК-20 и др.) используют сульфит натрия сортов: «Фотографический марки Б» или, что совсем недопустимо, «Технический». Такие сорта сульфита натрия имеют повышенную примесь углекислого натрия (соды): в марке Б — ее 0,5%, в техническом — значительно больше, что повышает щелочность проявителя и, следовательно, скорость проявления. Отчего за время, указанное в рецепте, негатив будет перепроявлен, а контраст и общая плотность его увеличены (см. § 8).

Для приготовления выравнивающих проявителей надо применять фотографический сульфит натрия марки А, который содержит углекислого натрия только 0,15%. Еще лучше употреблять реактивный сульфит натрия марки «Чистый», примесь углекислого натрия в котором ничтожна.

Некоторые негативы с градационными дефектами возможно улучшить дополнительной обработкой, описанной в последующих параграфах, и тем самым сделать их пригодными для получения позитивов с хорошим изображением; другие же исправить невозможно.

Это указано в описании наиболее часто встречающихся типов негативов, каждому из которых для удобства ссылок присвоена определенная категория. Негативы классифицированы по интервалу оптических плотностей изображения, который является основной их характеристикой.

Согласно формуле 17, интервал оптических плотностей негатива зависит от гаммы его проявления и интервала яркостей оптического изображения, т. е. $\Delta D^{\text{нег}} = \gamma_{\text{нег}} \cdot l_{\text{и}}$. Поэтому негативы с разными его значениями можно получить, фотографируя сюжеты с различными интервалами яркостей на одном сорте фотоматериала или один сюжет на фотоматериалах с возрастающим коэффициентом конт-

растности. Из методических соображений негативы на рис. 30—38 получены вторым способом.

Негатив очень малоконтрастный. Интервал его оптических плотностей незначителен. По общей же оптической плотности изображения малоконтрастный негатив бывает очень прозрачным или очень плотным, в зависимости от того, на какой стадии фотографического процесса допущена ошибка.

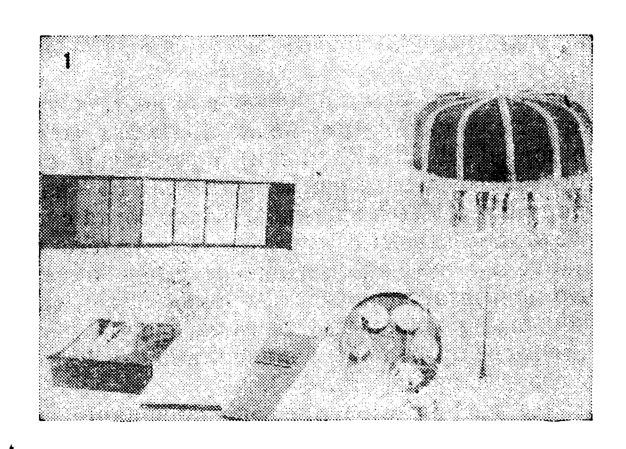


Рис. 30.
Негатив очень малоконтрастный и очень прозрачный. Получен в результате недодержки при съемке

1. *Негатив очень малоконтрастный и очень прозрачный.* Его глубокие тени не проработаны, без деталей. В очень сильных света́х детали выявлены, в сильных света́х — их немного, а в средних — они едва заметны (категория I/1, рис. 30).

Фотографы такой негатив называют «прозрачно-тонким».

Его получают, фотографируя с большой недодержкой объект с малым или средним по величине интервалом яркостей. В результате негативное изображение строится почернениями только в области недодержек кривой почернений. Отчего передача яркостей на негативном изображении бывает сильно искажена.

Рекомендация. Негатив для печати непригоден. Усиливать его бесполезно, так как нельзя выявить детали, отсутствующие на изображении.

2. *Негатив прозрачный и малоконтрастный.* Глубокие тени, сильные света́ и промежуточные между ними тона

негативного изображения имеют незначительные оптические плотности, мало отличающиеся друг от друга. Отчего яркости объекта на негативе переданы сильно уменьшенными. Но почти все детали изображения имеются (категория I/2, рис. 31).

Фотографы такой негатив называют «тонким».

Причина его получения — значительное недопроявление нормально экспонированного при съемке фотоматериала, на котором снят объект с небольшим или средним интервалом яркостей.

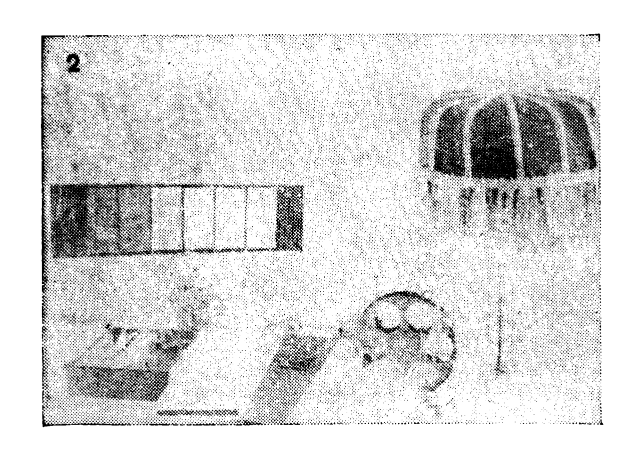


Рис. 31.
Негатив очень малоконтрастный, прозрачный. Получен в результате недопроявления нормально экспонированного фотоматериала

Рекомендация. Для печати негатив чаще всего н е п о с р е д с т в е н н о н е п р и г о д е н. Его исправляют усилением.

3. *Негатив очень плотный и малоконтрастный.* Детали его глубоких теней и сильных светов на просвет просматриваются с трудом. Тона изображения по плотности мало отличаются друг от друга, отчего яркости объекта на негативе переданы сильно уменьшенными (категория I/3, рис. 32).

Фотографы подобный негатив называют «плотным».

Его получают при значительном переэкспонировании во время съемки, отчего вся шкала яркостей объекта укладывается в узкий диапазон почернений области передержек кривой почернений и они на изображении воспроиз-

водятся «сжатыми». Деталированность же изображения ухудшается из-за диффузного рассеяния света в светочувствительном слое фотоматериала, вызванного передержкой.

Рекомендация. Сильно переэкспонированный негатив для печати обычно мало пригоден. Его можно улучшить, обработав в ослабителе с марганцевокислым калием или с двухромовокислым калием.



Рис. 32.
Негатив малоконтрастный и очень плотный. Получен в результате передержки при съемке

4. *Негатив чрезмерно плотный с малым интервалом плотностей.* Все изображение на нем покрыто сильной вуалью, но многие детали, скрытые под ней, часто видны, если негатив рассматривать над сильным источником света (категория I/4, рис. 33). Этим приемом обычно отличают его от негатива категории I/3.

Фотографы такой негатив называют «затянутым».

Его получают при чрезмерно длительном проявлении фотоматериала, нормально экспонированного при съемке.

Рекомендация. Негатив непосредственно для печати непригоден. Его исправляют, удаляя вуаль поверхностно действующим ослабителем. Лучше использовать ослабитель с марганцевокислым калием или с двухромовокислым калием. Ослабитель с красной кровяной солью дает несколько худший результат. Устранение вуали улучшит градацию тонов изображения и его деталированность.

Негатив малоконтрастный. Интервал его оптических

плотностей небольшой. Общую же оптическую плотность негатив может иметь незначительную или значительную, в зависимости от того, на какой стадии фотографического процесса допущена ошибка.

1. *Негатив малоконтрастный с незначительной общей плотностью.* Глубокие его тени прозрачны, тени слегка проработаны, а сильные света́ по сравнению с ними имеют



Рис. 33.
Негатив очень малоконтрастный и чрезмерно плотный.
Получен из-за перепроявления

бо́льшую оптическую плотность. Поэтому деталей в глубоких тенях мало, в тенях — больше, а в сильных света́х они достаточно проявлены (категория II/1, рис. 34).

Фотографы такой негатив называют «прозрачным».

Подобный негатив, во-первых, получают при незначительной недодержке во время съемки. В этом случае изображение строится почернениями не только в области недодержек кривой почернений, но и почернениями начала прямолинейного ее участка, особенно если фотографируют объект с небольшим интервалом яркостей. Яркости объекта, почернения которых на негативном изображении лягут в область недодержек, будут «сжаты» и передадутся искаженно. Только некоторое число значительных яркостей объекта, дающих почернения в начале области пропорциональной передачи, будут правильно воспроизведены на негативе.

Во-вторых, среднее недопроявление нормально экспонированного фотоматериала даст такой же негатив при

съемке объекта с небольшим интервалом яркостей: осеннего пейзажа в пасмурную погоду, пейзажа в туманное утро и т. п.

Рекомендации. 1. Негатив, полученный из-за недодержки при съемке, исправляют усилением, но только в том случае, если с оригинального негатива подбором фотобумаги нельзя получить удовлетворительный фотоотпечаток.

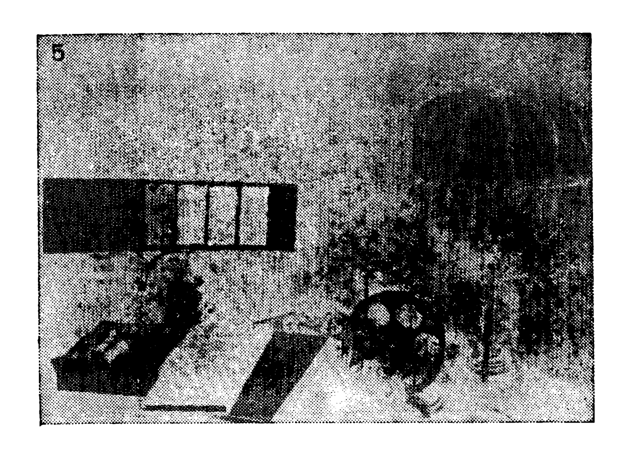


Рис. 34.
Негатив малоконтрастный с незначительной общей плотностью

2. Недопроявленный негатив может быть улучшен обработкой в сверхпропорциональном усилителе.

2. *Негатив малоконтрастный с большой общей плотностью.* По внешнему виду он мало отличается от негатива, изображенного на рис. 32. Однако деталированность изображения у него несколько лучшая (категория II/2, рис. 35).

Фотографы такой негатив называют «плотно-вялым».

Негатив этой категории получают, во-первых, при средней передержке, когда помимо области передержек кривой почернений для построения изображения используется и часть ее прямолинейного участка. Во-вторых, если перепроявляют нормально экспонированный фотоматериал, на котором снят малоконтрастный объект. В этом случае интервал плотностей почернений негатива уменьшается вследствие образования вуали. И в-третьих, из-за незначительной засветки фотоматериала при обработке, которая возникает, если используют для освещения фотолабо-

ратории выцветший светофильтр или светофильтр, не соответствующий спектральной чувствительности фотоматериала.

Рекомендации. 1. Слабо передержанный негатив можно печатать без исправления с продолжительной выдержкой, правильно подобрав к нему фотобумагу. Если сделать это не удается, его улучшают обработкой в ослабителе с марганцевокислым калием или с двухромовокислым калием.

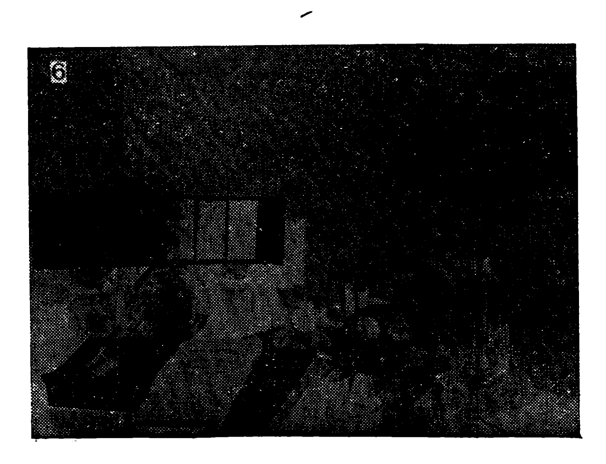


Рис. 35.
Негатив малоконтрастный с большой общей плотностью

Особенно хорошие результаты дает отбеливание методом голокопии (см. § 48). 2. Перепроявленный и слабо засвеченный негатив исправляют обработкой в одном из поверхностных ослабителей (см. § 15).

Негатив нормального контраста. По внешнему виду он бывает несколько различен, в зависимости от того, получен он на фотопленке общего назначения или на «мягких» фотопластинках, а именно: у первого негатива интервал оптических плотностей немного меньше, чем у второго. Это объясняется тем, что фотопленку проявляют до $\gamma_{рек} = 0{,}8$, а «мягкие» фотопластинки — до $\gamma_{рек} = 1{,}0$. По проработке деталей и гармоничности изображения такие негативы идентичны. В случае съемки объекта со средним (нормальным) интервалом яркостей их общая плотность может быть небольшой, если выдержка рассчитана на использование нижней части прямолинейного участка кривой почернений (категория III/1, см. рис. 24), и повышенной,

когда изображение построено почернениями верхней его части (категория III/2, см. рис. 25).

Фотографы называют негатив на рис. 24 «нормальным», а на рис. 25— «сочным».

Рекомендация. Негативы категорий III/1 и III/2 непосредственно пригодны для печати фотоснимков.

Негатив контрастный плотный. Он имеет повышенный интервал оптических плотностей, градация тонов резко

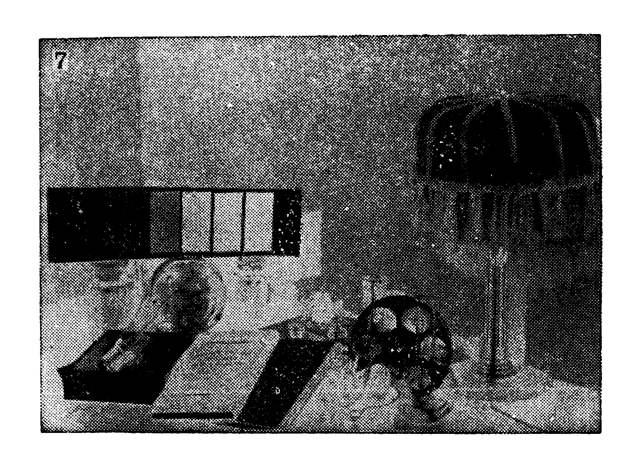


Рис. 36.
Негатив среднеконтрастный со средней общей плотностью

выражена, а детали на всех частях изображения хорошо проработаны (категория IV/1, рис. 36).

Фотографы такой негатив также называют «контрастным».

Его получают, когда фотографируют с правильной выдержкой контрастный сюжет на фотопленке или сюжет нормального контраста на «контрастной» фотопластинке, которые проявляли до гаммы, несколько меньшей рекомендуемой. Поскольку коэффициент контрастности у фотопластинки больше, чем у фотопленки, то интервал оптических плотностей почернений у пластиночного негатива будет выше, чем у пленочного.

Рекомендация. Контрастный негатив чаще всего непосредственно годен для печати фотоотпечатков. Если к нему нельзя подобрать фотобумагу необходимой контрастности, то его ослабляют в сверхпро-

порциональном ослабителе, повторным проявлением отбеленного негатива и т. д. Особенно хорошие результаты дает печать с маской (см. § 47).

Негатив очень контрастный с повышенной общей плотностью. Он имеет большой интервал оптических плотностей. Детали в глубоких тенях хорошо проработаны, а в сильных светах вследствие диффузного рассеяния света могут быть недостаточно выявлены (категория V/1, рис. 37).

Фотографы такой негатив называют «жестким».

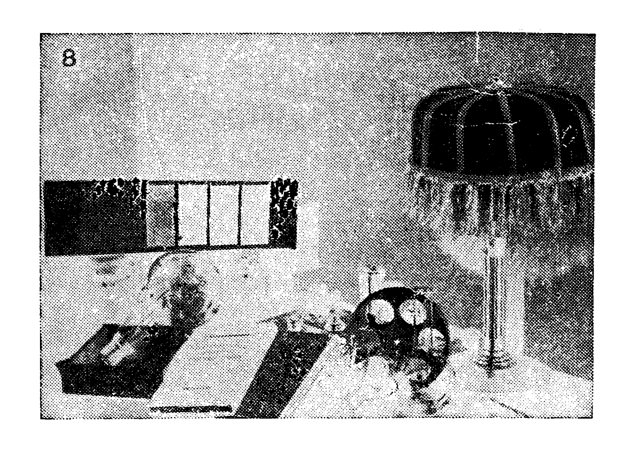


Рис. 37.
Негатив очень контрастный с повышенной общей плотностью

Его получают в двух случаях: при съемке очень контрастного сюжета на любых фотоматериалах или контрастного объекта на контрастном фотоматериале, например на фотопластинках с $\gamma_{рск}=1,7$.

Обрабатывая так снятый фотоматериал, надо точно выдерживать режим проявления, потому что даже небольшое увеличение продолжительности проявления против указанного на упаковке или проявление в теплом проявителе еще более повысит контраст изображения. Значительное перепроявление совершенно недопустимо, так как оно сильно увеличивает оптическую плотность негатива. Незначительное недопроявление, наоборот, желательно, так как оно уменьшает контраст негатива и его плотность.

Рекомендация. С очень контрастного негатива н е в о з м о ж н о получить позитив, на котором были бы прорабо-

таны все детали, имеющиеся на негативе. Его большой интервал оптических плотностей уменьшают ослаблением в сверхпропорциональном ослабителе. Однако наиболее целесообразно такие негативы печатать с маской, которая позволяет получать хорошо проработанное позитивное изображение (см. § 47).

Негатив чрезмерно контрастный с большой общей оптической плотностью. Интервал оптических плотностей у него очень большой, градация тонов, образованная средними яркостями объекта, выражена крайне резко; градация же тонов, соответствующая шкале сильных светов объекта, сжата, так как их почернения лежат в области передержек.



Рис. 38.
Негатив чрезмерно контрастный с большой общей оптической плотностью

Детали в средних плотностях негатива проработаны хорошо, в глубоких тенях или в сильных светáх — слабо, что зависит от того, была выдержка при съемке рассчитана на проработку деталей у изображения первых или вторых яркостей объекта (категория VI/1, рис. 38).

Фотографы такой негатив называют «очень жестким».

Его получают, когда фотографируют чрезмерно контрастный сюжет на любых фотоматериалах или сюжет нормального контраста на очень контрастных фотопластинках. Обрабатывая фотоматериал с таким сюжетом, надо избегать даже незначительного перепроявления, так как от этого контраст негатива еще более увеличится и, следовательно, ухудшится его качество, что затруднит печать. Незначительное недопроявление, наоборот, желательно,

так как оно уменьшит слишком высокий контраст негатива и облегчит ослабление.

Рекомендация. Печатая непосредственно чрезмерно контрастный негатив, получают плохой позитив. Рекомендуется такие негативы печатать с маской, которая сильно снизит интервал оптических плотностей негативного изображения, что позволит получить хорошо проработанный позитив. Другие способы исправления негатива дают худшие результаты.

15. ОСЛАБЛЕНИЕ НЕГАТИВОВ

Общие сведения. Фотографическое ослабление негатива заключается в уменьшении оптической плотности почернения изображения. Для этого металлическое серебро изображения окисляется в соединение, растворимое в воде, в растворе тиосульфата натрия или другого вещества.

Негатив, подлежащий ослаблению, необходимо хорошо закрепить и тщательно промыть. Проводить этот процесс рекомендуется сразу после промывки негатива. Если негатив высушен, то перед ослаблением его надо размачивать в воде 10—12 *мин*, иначе на изображении из-за неравномерного ослабления могут возникнуть полосы и пятна. Сильно задубленные негативы также часто ослабляются неравномерно.

Негативы надо ослаблять только в кюветах белого цвета (фарфоровой, пластмассовой или стеклянной). Вести этот процесс в бачках и баках крайне неудобно.

В зависимости от характера ослабления малых и больших оптических плотностей почернений негативного изображения, ослабители делятся на: *поверхностные* (субтрактивные), *пропорциональные* и *сверхпропорциональные* (суперпропорциональные).

Во многих ослабителях используется серная кислота. Ее можно заменить равным объемом аккумуляторной кислоты. Правила обращения с кислотой см. на стр. 16. Их несоблюдение приведет к разбрызгиванию кислоты, и ее капли вызовут ожоги на руках и лице или испортят костюм.

Поверхностный, или субтрактивный, ослабитель. Он уменьшает при коротком ослаблении разные оптические плотности почернений негатива почти на одну и ту же величину, отчего интервал плотностей негатива не изменяется или уменьшается очень незначительно. Исключение составляют небольшие оптические плотности, которые ослаб-

ляются несколько значительнее, чем средние и большие плотности негатива, отчего некоторые детали в тенях при более длительном ослаблении могут исчезнуть.

Поверхностное ослабление применяется для исправления:

а) очень малоконтрастного плотного негатива, полученного в результате переэкспонирования или перепроявления;

б) малоконтрастного плотного негатива, экспонированного со средней передержкой;

в) малоконтрастного плотного нормально экспонированного, но перепроявленного негатива;

г) для снятия общей и местной вуали на негативе.

Наиболее распространенным поверхностным ослабителем для негативных фотоматериалов является ослабитель с красной кровяной солью, концентрация которой в рабочем растворе должна составлять 1,5—2,5%. Для позитивных фотоматериалов на прозрачной подложке ослабление будет субтрактивным при любой концентрации красной кровяной соли в рабочем растворе.

ОСЛАБИТЕЛЬ С КРАСНОЙ КРОВЯНОЙ СОЛЬЮ

I. Тиосульфат натрия кристаллический	**100** *г*
Вода	**до 1** *л*
II. Красная кровяная соль	**20** *г*
Вода	**до 200** *мл*

Первый запасный раствор сохраняется хорошо в любых условиях, второй — только в темноте или в склянке из коричневого стекла, но не на прямом солнечном свету.

Для удобства работы негативы на перфорированной фотопленке разрезают на куски. Если негативы одинаковые по плотности, то можно ослаблять сразу по 3—4 кадра. Крупноформатные негативы ослабляют по одному.

Размочив негатив в воде, смешивают 100 *мл* первого раствора с 25 *мл* второго. Смешанный раствор сохраняется плохо и становится непригодным для использования, когда теряет первоначальный цвет. В этом случае надо составить новую смесь. Окисление раствора замедляется, если в него ввести 6 *г* безводной соды на 1 *л* смеси.

Погруженный в раствор негатив сначала ослабляется медленно, затем очень быстро, поэтому за ходом ослабления надо внимательно следить. Для чего негатив вынимают из раствора, энергично споласкивают в воде и затем уже

рассматривают на просвет; иначе на нем образуются подтеки и полосы.

Продолжительность ослабления зависит от величины оптической плотности, на которую надо уменьшить почернения негативного изображения. Рекомендуется ослабление прекращать несколько раньше, чем требуется, так как процесс некоторое время протекает и в промывной воде.

Когда процесс закончен, негатив основательно промывают и сушат. Эмульсионный слой ослабленного негатива становится глянцевым.

Негативы очень переэкспонированные или слишком перепроявленные ослабляют марганцевым ослабителем, предложенным К. А. Колосовым.

ОСЛАБИТЕЛЬ С МАРГАНЦЕВОКИСЛЫМ КАЛИЕМ

I.	Калий марганцевокислый	1 *г*
	Вода дистиллированная	100 *мл*
II.	Серная кислота концентрированная	20 *мл*
	Вода	1 *л*

Раствор I обязательно фильтруют через вату. В склянке из коричневого стекла он сохраняется очень долго. Однако в некоторых случаях со временем на поверхности раствора образуется пленка из двуокиси марганца. Если ее не отфильтровать, то на ослабляемом негативе появятся черные неустранимые точки.

Раствор II сохраняется неограниченно долго. Концентрированную кислоту можно заменить равным количеством аккумуляторной кислоты. Правила обращения с серной кислотой см. стр. 16.

Перед ослаблением добавляют, помешивая, в 200 *мл* II раствора 5 *мл* I раствора. Рабочий раствор сохраняется до 20 *мин*, его температура должна быть 18—20°. Ослабление негатива происходит за 12—15 *мин*. Изменение чисто пурпурного цвета раствора на красный или оранжевый указывает на его разложение. Если за это время негатив ослабился недостаточно, то его споласкивают в воде, отчего процесс ослабления немедленно прекращается, и переносят в свежий рабочий раствор, в котором и заканчивают процесс. Во время ослабления кювету надо покачивать.

Если при ослаблении раствор через 2—3 *мин* становится красным или оранжевым, то это значит, что негатив был плохо промыт. Процесс в этом случае прерывают, негатив дополнительно тщательно промывают и вновь ослабляют.

Негативы средне переэкспонированные и перепроявленные ослабляют в ослабителе с двухромовокислым калием.

**ОСЛАБИТЕЛЬ
С ДВУХРОМОВОКИСЛЫМ КАЛИЕМ**

I. Калий двухромовокислый	**1 *г***
Вода	**100 *мл***
II. Серная кислота концентрированная или аккумуляторная	**20 *мл***
Вода	**1 *л***

Примечание. Правила обращения с концентрированной и аккумуляторной серной кислотой см. стр. 16.

Рабочий раствор для ослабления: берут 200 *мл* II раствора и к нему при помешивании приливают 5 *мл* I раствора, что можно делать, так как концентрация серной кислоты во II растворе невелика.

Продолжительность ослабления зависит от величины оптической плотности, которую надо удалить с негатива. Конец ослабления определяют визуально.

Преимущество этого ослабителя — сохраняемость рабочего раствора до семи суток и возможность повторного использования.

Пропорциональный ослабитель. Он уменьшает все оптические плотности почернений в одно и то же количество раз, за исключением очень малых почернений на негативе, которые ослабляются непропорционально меньше остальных. В результате ослабления интервал оптических плотностей негатива и коэффициент его контрастности уменьшаются во столько раз, во сколько уменьшены оптические плотности почернений.

Пропорциональное ослабление применяется для ослабления контрастных негативов.

Ослабитель с красной кровяной солью действует, как пропорциональный, если концентрация красной кровяной соли в рабочем растворе составляет 0,7—0,75%. Такую концентрацию соли дает смешивание запасных растворов рецепта ослабителя на стр. 94 в отношении:

I раствор	**100 *мл***
II раствор	**7 *мл***

Из-за малой концентрации красной кровяной соли ослабление идет медленно. В остальном процесс обработки ничем не отличается от вышеописанного.

Сверхпропорциональный ослабитель. Его действие характерно тем, что малые оптические плотности почернений негативного изображения им почти не ослабляются, средние плотности — ослабляются значительно, а большие — очень сильно. В результате ослабления коэффициент контрастности, до которого проявлен негатив, и интервал его оптических плотностей уменьшаются.

Этот вид ослабления применяют, когда негатив имеет большой или чрезмерный контраст из-за фотографирования объекта с большим или очень большим интервалом яркостей.

ОСЛАБИТЕЛЬ С ПЕРСУЛЬФАТОМ АММОНИЯ

Персульфат аммония	5 *г*
Аммиак (уд. вес 0,91)	4 *мл*
Хлористый натрий	2 *г*
Тиосульфат натрия кристаллический	25 *г*
Вода дистиллированная	100 *мл*

Использование дистиллированной воды вызывается тем, что в обычной воде имеются соли соляной кислоты, которые увеличивают концентрацию хлористого натрия в ослабителе, что несколько изменяет характер его действия.

Раствор ослабителя нестоек, и после ослабления одного негатива его следует заменять. Процесс ведут 3—4 *мин*, затем негатив сразу погружают в раствор:

Сульфит натрия кристаллический . . .	20 *г*
Вода	100 *мл*

После чего негатив тщательно промывают и сушат.

Ослабление повторным проявлением. Этот способ ослабления заключается в отбеливании негатива и последующем его проявлении в сильно разбавленном или выравнивающем проявителе до требуемой оптической плотности почернений. При неполном проявлении происходит сверхпропорциональное ослабление негатива.

Отбеливание, т. е. окисление серебра негативного изображения, производят полностью. В этом случае негатив со стороны подложки должен быть совершенно белым или желтовато-белым, без следов серебряного изображения. Перед отбеливанием негатив надо 10—15 *мин* размачивать в воде.

В качестве отбеливающего раствора можно использовать любой из рецептов в табл. 10.

Таблица 10

Рецепты отбеливающих растворов

Вещества	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Вода, до ... , *л*	1	1	1	1
Калий двухромовокислый, *г*	8	—	3	—
Калий бромистый, *г*	5	—	—	10
Кислота соляная (уд. вес 1,19), *мл*	10	—	2	—
Медь сернокислая, *г*	—	100	2	—
Натрий хлористый, *г*	—	100	4	—
Кислота серная концентрированная, *мл*	—	25	—	—
Красная кровяная соль, *г*	—	—	—	35
Аммиак 25%-ный, *мл*	—	—	—	3,5

Отбеленный негатив промывают до исчезновения окраски желатины эмульсионного слоя. Когда пользуются отбеливателем с двухромовокислым калием, эмульсионный слой иногда не осветляется при промывке. Тогда окраску удаляют, помещая негатив в 2—3%-ный раствор метабисульфита калия. После исчезновения окраски негатив вновь промывают.

Отбеленное изображение проявляют при неярком освещении в проявителе № 1 (см. табл. 4), предварительно разбавив его водой в пять раз. Можно также пользоваться любым выравнивающим проявителем. Степень проявления негатива регулируют на глаз. Его прекращают, когда в тенях негатива серебро восстановлено полностью, а в светах — только частично. Затем негатив споласкивают в воде и переносят в закрепитель, промывают и сушат.

Этот способ ослабления несколько уменьшает зернистость негативного изображения.

16. УСИЛЕНИЕ НЕГАТИВОВ

Общие сведения. Фотографическое усиление заключается в увеличении печатной плотности негативного изображения. Это можно сделать двумя способами: а) отложив на серебре изображения нерастворимое и непрозрачное соединение и тем увеличив его оптическую плотность; б) окрасив изображение в неактиничный цвет, что при печати уменьшит количество лучей, наиболее активно действующих на светочувствительный слой позитивного

фотоматериала. Такое изменение спектрального пропускания негатива равносильно его усилению.

Негатив, подлежащий усилению, необходимо хорошо отфиксировать и промыть. Если этого не сделать, то негатив отбелится неравномерно и будет испорчен. Высушенный негатив перед усилением обязательно размачивают 10—15 *мин* в воде, иначе на изображении могут образоваться полосы или пятна.

Усиливать негативы надо в кюветах белого цвета (фарфоровых, пластмассовых) и по одному. На перфорированной фотопленке можно усилить одновременно до 3—4 кадров, если они одинаковы по оптической плотности.

В зависимости от характера усиления малых и больших оптических плотностей почернений негативного изображения, усилители делятся на *субпропорциональные, пропорциональные и сверхпропорциональные.*

Субпропорциональный усилитель. Он увеличивает малые плотности негатива сильнее, чем средние и большие плотности, и почти не изменяет коэффициент контрастности негатива. К этому типу относятся урановый и хиноновый усилители, не описываемые из-за трудности получения исходных веществ.

Пропорциональный усилитель. Он увеличивает большие плотности значительнее, чем малые, отчего интервал оптических плотностей и коэффициент контрастности негатива повышаются. Наиболее распространенным усилителем этого типа является *хромовый усилитель*, но только в случае *чернения отбеленного изображения энергичным метоловым проявителем.* Его рецепт дается ниже.

Пропорциональное усиление применяется преимущественно для исправления негативов со штриховым рисунком (репродукций, чертежей, рисунков карандашом и т. д.).

Сверхпропорциональный усилитель. Он увеличивает малоплотные части негатива относительно больше, чем средние и большие плотности, отчего коэффициент контрастности негатива несколько изменяется, а интервал оптических плотностей негатива уменьшается. Такими усилителями являются: *сулемовый* — при чернении отбеленного изображения сульфитом натрия (он не описывается из-за ядовитости сулемы) и *хромовый*, когда отбеленное изображение *чернится проявителем с большим содержанием сульфита натрия* (180—200 *г* на литр).

Сверхпропорциональное усиление применяется для исправления очень малоконтрастного и прозрачного негатива, полученного из-за недопроявления.

Хромовый усилитель. Процесс усиления — двухрастворный. В первом, отбеливающем растворе серебро негативного изображения окисляется в хлористое серебро, на которое одновременно откладываются труднорастворимые соединения хрома, усиливающие изображение. Чем меньше концентрация соляной кислоты в отбеливающем растворе, тем значительнее усиление негатива (см. табл. 11). Во втором растворе—проявителе—негатив чернится, в результате чего хлористое серебро восстанавливается в металлическое серебро. Параллельно с этим процессом на зерна металлического серебра дополнительно осаждается еще некоторое количество соединений хрома. В зависимости от *вида проявителя*, используемого для чернения, усиление будет *пропорциональным* или *субпропорциональным*.

ОТБЕЛИВАЮЩИЙ РАСТВОР

Двухромовокислый калий	**3 *г***
Соляная кислота	**по табл. 11**
Вода	**до 1 *л***

Отбеливание производят в растворе с температурой не выше 18°, иначе на эмульсионном слое негатива образуется ретикуляция и он будет непоправимо испорчен. Продолжительность отбеливания — до 15 *мин*, затем 5—6 *мин* промывка в воде с температурой не свыше 15—16° и чернение.

Таблица 11

Зависимость степени усиления от концентрации соляной кислоты

Количество соляной кислоты уд. веса 1,19 в 1 *л* усилителя, *мл*	Усиление
9	Очень большое
11	Большое
15	Среднее

Чернение отбеленного негатива, который надо подвергнуть сверхпропорциональному усилению, производят в проявителе Д-76 (см. стр. 34). Пропорциональное усиление негатива производят в следующем растворе.

ПРОЯВИТЕЛЬ
ДЛЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО УСИЛЕНИЯ

Метол	10 *г*
Сульфит натрия кристаллический	25 *г*
Углекислый калий	50 *г*
Вода	до 1 *л*

С момента полного почернения негатива проявление для гарантии продолжают еще удвоенное время. В литре проявителя можно чернить не более четырех перфорированных фотопленок. После чернения негатив промывают и сушат.

Недостаточно усиленный негатив можно обработать повторно. Переусиленный негатив ослабляют 4%-ным раствором щавелевой кислоты. Процесс ослабления протекает очень медленно. По его завершении негатив промывают и сушат.

Если рекомендуемый температурный режим обработки выдержать невозможно, то для предупреждения ретикуляции негатив перед усилением дубят три минуты.

ДУБЯЩИЙ РАСТВОР

Формалин	10 *мл*
Сода безводная	5 *г*
Вода	до 1 *л*

17. МЕСТНОЕ ОСЛАБЛЕНИЕ И УСИЛЕНИЕ

Если требуется увеличить или уменьшить оптическую плотность почернений какого-либо участка негатива, не изменяя ее на остальном изображении, то прибегают к местному усилению или ослаблению. Этим способом чаще всего улучшают фон на негативе, содержащий ненужные детали, устранить которые из кадра при съемке было невозможно.

Отобранный для исправления негатив предварительно 9—10 *мин* размачивают в воде. Затем с его эмульсионного слоя удаляют избыток воды. Это можно сделать фильтровальной бумагой, тампоном из ваты или влажной замшей. Чтобы не поцарапать желатину эмульсионного слоя, такую операцию производят очень осторожно. Потом для легкого подсушивания самого верхнего слоя желатины негатив подвешивают в вертикальном положении. Такая подготовка негатива позволит предупредить заплывание раствора на соседние участки изображения, не подлежащие обработке.

Только теперь можно приступить к усилению или ослаблению дефектного участка негатива: стеклянного — непосредственно, а пленочного,—предварительно укрепив зажимом (рис. 39) на стеклянной пластинке. Иначе он будет коробиться или скручиваться, что затруднит работу.

На эмульсионный слой негатива раствор наносят кисточкой из беличьего волоса (на малые участки — № 1, на большие — в зависимости от их размера — № 4—№ 8) или тампоном из ваты. На кисточке (тампоне) должно быть минимальное количество жидкости. Только в этом случае удается наносить раствор на дефектный участок, не затрагивая соседние детали изображения.

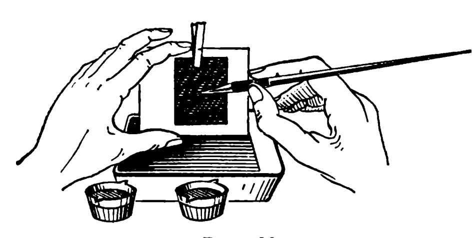


Рис. 39.
Устранение местного дефекта на пленочном негативе

Ослабляющий раствор наносят на участок последовательно до тех пор, пока его оптическая плотность уменьшится до требуемой величины. Затем негатив промывают и сушат.

При усилении отбеливающий раствор хромового усилителя наносят до тех пор, пока серебро полностью окислится. Затем негатив кладут в проявитель, в котором окисленное серебро вновь восстанавливается до металлического. Далее негатив промывают и сушат.

Если негатив имеет неудовлетворительный фон, то его исправляют различными способами, в зависимости от того, какой цвет фона (черный, серый, белый) должен быть на отпечатке. Для этого на участок хорошо высушенного негатива, который должен остаться неизменным (портрет, машину или ее деталь), последовательно наносят кисточкой два слоя обычного резинового клея или спиртового лака. Для этой цели можно использовать также и асфальтовый лак. Его наносят одним слоем. После чего приступают к изменению фона на негативе.

Для получения на фотоотпечатке *черного фона* негатив помещают в ослабитель с красной кровяной солью, обрабатывая в нем до тех пор, пока фон на негативе не станет совершенно прозрачным. Под аккуратно нанесенной защитной пленкой ослабления изображения не произойдет. Затем негатив промывают и сушат. Защитную пленку снимают: резиновую — бензином, лаковую — спиртом, ас-

фальтовую — скипидаром. Для чего пользуются ватным тампоном, смоченным соответствующим растворителем.

Для получения на фотоотпечатке *серого фона* негатив помещают в слабый раствор любой желтой водорастворимой краски. Окрашивание желатины эмульсионного слоя происходит за несколько минут. Затем негатив споласкивают в воде для удаления с его поверхности раствора краски и сушат. Если фон на пробном фотоотпечатке получился более темным, чем требуется, то негатив подвергают вторичной окраске. Если же фон на пробном позитиве имеет недостаточную плотность, то часть красителя из эмульсионного слоя негатива удаляют дополнительной промывкой в воде. После чего защитную пленку с негатива снимают, как указано выше.

Для получения на фотоотпечатке *белого фона* негатив погружают в слабый раствор красного водорастворимого красителя, который окрасит желатину негатива в неактиничный цвет для светочувствительного слоя фотобумаги. Дальнейшие операции ничем не отличаются от вышеописанных.

18. ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕТУШЬ НЕГАТИВА

Ретушь негативов разделяется на техническую и художественную. Задача первой — заделка имеющихся на негативе точек, царапин, пятен, полос, устранение фона и т. д. Цель второй — общее улучшение качества изображения, заключающееся в смягчении или усилении контраста некоторых частей изображения или в их удалении. Художественная ретушь применяется преимущественно в портретной фотографии.

Поскольку настоящая книга предназначается для фотолюбителей, то в ней будут рассмотрены только приемы технической ретуши.

Оборудование для ретуши. Ниже описываются самые необходимые принадлежности, без которых ретушь негативов невозможна.

Ретушевальный станок. Один из таких станков для крупноформатных негативов изображен на рис. 40.

Он состоит из основания *1* с выдвижным ящиком *2* для хранения принадлежностей для ретуши. Внутри станины имеется доска *3*, окрашенная матовой белой краской, угол наклона которой может несколько изменяться. Она служит для освещения негатива *4* отраженным рассеянным светом. Негатив устанавливают на молочное или матовое

стекло 5, вставленное в рамку. Ее можно также наклонять, чтобы получить на негативе возможно более равномерную освещенность. Для устойчивости негатив зажимают двумя передвижными поперечными планками 6. Верхняя часть станка 7 делается непрозрачной, например из фанеры. Ее назначение -- защищать глаза ретушера от верхнего света, который ухудшает различаемость деталей на негативе.

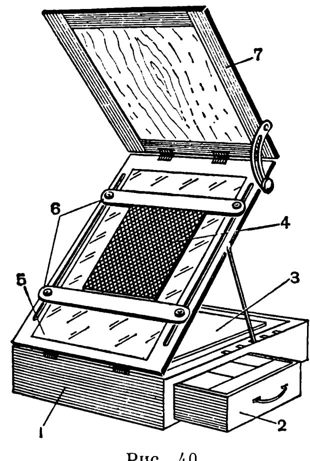


Рис. 40.
Ретушевальный станок

Чтобы на описанном станке ретушировать малоформатные негативы, заменяют нижнюю передвижную планку 6 приспособлением, изображенным на рис. 41. Оно представляет собой картонную папку 1, склеенную по торцу 5 материей. В одной из сторон папки сделан вырез 2 по размеру негатива. В папку вставляют пленку с негативами, один кадр которой 3 рассматривают через лупу 4, прикрепленную к планке 6 на шарнире, позволяющем придавать лупе нужный наклон. Для этой цели можно пользоваться также бинокулярной лупой, употребляемой при сборке часов и приборов. Рассматривая негатив через лупу, заделывают очень тонкой кисточкой или остро отточенным карандашом обнаруженные на нем дефекты. Когда ретушируют не днем, то лучше всего негатив освещать электролампой с баллоном из молочного стекла мощностью 60—75 *вт*.

Карандаши. Ретушь производится несколькими сортами карандашей. Для прозрачных негативов применяются карандаши с твердым графитом, для плотных — с мягким.

Карандаши для ретуши очинивают различно, в зависимости от вида дефекта на негативе. Для заделки очень мелких повреждений графит карандаша должен быть жестким, конусообразным, длиной не менее 25 *мм* с острым, как игла, концом. Дефекты средней величины устраняют карандашом с более мягким графитом длиной 10—15 *мм* также конусообразным, но с более тупым концом. Большие пятна исправляют мягким долотообразно очиненным графитом длиной 10—15 *мм*.

В продаже имеются специальные карандаши для

ретуши, но можно пользоваться и обычными чертежными карандашами.

Скребки. Различные включения, например пыль, волоски и т. д., осевшие на эмульсионный слой негатива во время обработки фотоматериала или его сушки, соскабливают скальпелем. Рекомендуется пользоваться глазными скальпелями, так как они имеют лезвия из хорошей стали.

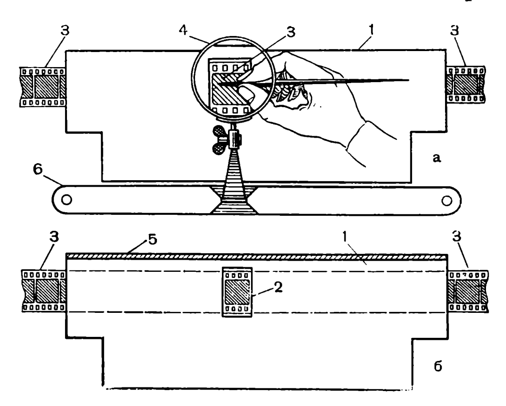


Рис. 41.
Приспособление для ретуши малоформатных негативов: *а* — внешний вид, *б*—устройство планки

Скребки должны быть хорошо заточены — тупым лезвием нельзя удалить дефект, им можно только поцарапать эмульсионный слой и тем самым еще более ухудшить негатив.

Многие ретушеры для этой цели употребляют лезвие безопасной бритвы или часть лезвия.

Кисточки. Ими заделывают различные прозрачные полосы и точки на негативе, а также наносят краску на участки изображения, которые требуется смягчить. Для ретуши пользуются колонковыми кисточками размером от № 1 до № 10. У хорошей кисточки волоски, смоченные водой, должны образовать прочный достаточно упругий конус.

Материалы для ретуши. Для негативной ретуши пользуются следующими материалами.

Лак матолейн. Графит очень плохо пристает к эмульсионному слою негатива. Поэтому перед ретушью на него наносят лак следующего состава: скипидар очищенный — 50 *г*, канифоль —10 *г*. Последнюю можно заменить равным количеством гуммиарабика.

Канифоль размельчают в порошок и всыпают в скипидар. Чтобы ускорить ее растворение, жидкость изредка помешивают стеклянной палочкой. Заканчивается растворение через 5—6 *час*. Затем для осветления раствор выдерживают около суток. После чего густую прозрачную жидкость сливают с осадка в банку, которую плотно закупоривают.

Ретушевальная краска. Такая краска состоит из акварельного раствора, в который вводится какой-либо пигмент, например сажа. Ретушевальной краской покрывают значительную площадь негатива, которую требуется ослабить или удалить.

АКВАРЕЛЬНЫЙ РАСТВОР

Декстрин картофельный экстра	**250** *г*
Глицерин	**50** *г*
Фенол	**4** *г*
Вода	**220** *мл*

Декстрин всыпают мелкими порциями в 200 *мл* горячей воды и кипятят до получения однородной массы. Затем вводят глицерин и фенол, растворенные в 20 *мл* воды.

Ретушевальную краску готовят так:

а) черную:	**акварельный раствор** . .	**400** *г*
	сажа газовая	**100** *г*
	вода	**50** *мл*
б) красную:	**акварельный раствор** . . .	**240** *г*
	хром желтый № 570 . . .	**50** *г*
	пигмент красный № 21 g	**40** *г*

Пигменты тщательно размешивают шпателем до получения однородной массы. Затем краску выкладывают в банку и хорошо закупоривают.

Эта краска быстро высыхает, не дает трещин и может быть покрыта очень тонким слоем.

Приемы ретуши. В негативной ретуши наиболее часто используют следующие приемы: соскабливание, заделку небольших дефектов карандашом или кистью и нанесение краски на негатив для ослабления какого-либо участка изображения.

Ретушь соскабливанием. Соскабливанием уменьшают излишнюю оптическую плотность на небольшом участке негатива, удаляют волоски, грязь и пыль, приставшие к эмульсионному слою.

Соскабливание можно производить только на совершенно сухом эмульсионном слое негатива — иначе невозможно незаметно снять тончайший слой желатины. Поэтому перед началом работы негатив, особенно в сырую погоду, подсушивают феном или каким-либо другим способом.

Как уже указывалось, соскабливать необходимо очень остро отточенным скребком. Когда лезвие у скребка овальное — его держат в руке, как перо или карандаш при письме (рис. 42, *а*); если лезвие имеет прямой скос — то большим и указательным пальцами (рис. 42, *б*). Ретушируя скребком первого вида, можно наклонять его лезвие к эмульсионному слою негатива под любым углом: лезвие же скребка второго вида надо обязательно держать параллельно слою. В обоих случаях скребок перемещают движением руки от локтевого сустава, держа кисть руки неподвижной. Нажим лезвия на эмульсионный слой должен быть минимальным — иначе его можно снять до подложки негатива.

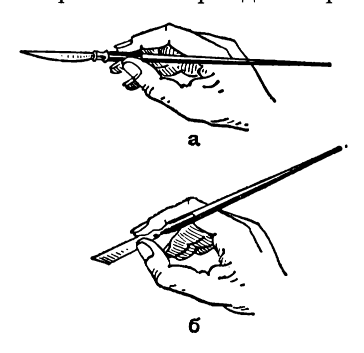


Рис. 42.
Положение при ретуши скребка с остро заточенным лезвием

Ретушь кисточкой. Ею заделывают на негативе мелкие прозрачные пятнышки и точки. Основное правило при работе кисточкой: не пользоваться очень жидкой краской и сразу не наносить на пятно много краски, так как в этом случае после ее высыхания на негативе образуется кружочек, очень заметно выходящий на позитиве.

Рекомендуется пользоваться следующим приемом. На край блюдца или на стеклянную пластинку наносят ряд маленьких капель краски. Когда они высохнут, то до одного из них дотрагиваются кончиком слегка увлажненной кисточки, при этом она заберет очень мало краски. Затем кончиком кисточки слегка прикасаются к пятнышку на негативе. Если оно небольшое, то достаточно одного прикосновения. Большое пятнышко заделывают 3—4 прикосновениями кисточкой. Причем краску наносят от его центра к периферии.

Ретушь царапины начинают с краев, постепенно соскабливая и сводя их на нет. Это тонкая работа, так как

надо вдоль царапины под углом удалить очень узкую полоску эмульсионного слоя. Далее на так подготовленную царапину осторожными мазками наносят краску, подгоняя ее плотность под тон окружающих участков изображения.

На большие участки негатива ретушевальную краску наносят колонковой кистью на эмульсионный слой или на подложку.

Ретушь карандашом. Перед такой ретушью исправляемый участок негатива предварительно покрывают лаком

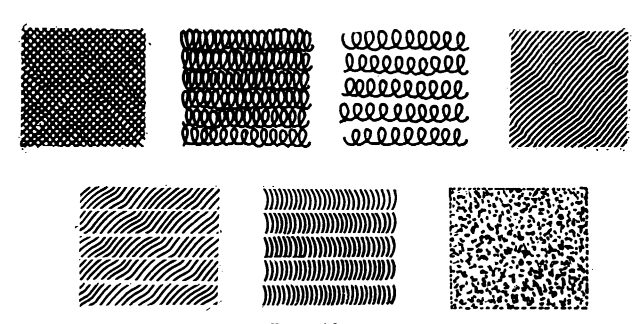


Рис. 43.
Различные сильно увеличенные виды штрихов, используемые для ретуши негативного изображения

матолейн. Для этого стеклянной палочкой берут из банки одну каплю лака и наносят ее на место, подлежащее ретуши. Затем лак немедленно растирают очень быстро пальцем, так как он быстро сохнет. Делают это кругообразными движениями с легким нажимом. Надо следить, чтобы не было резкой границы между лаком и изображением, так как она будет заметна на позитиве.

Если лак матолейн плохо растерт или нанесен слишком толстым слоем, то его удаляют тампоном, смоченным в скипидаре. Затем операцию нанесения лака повторяют вновь.

Прозрачные точки заделывают одним прикосновением карандаша, реже—двумя-тремя. Крупные пятнышки устраняют, нанося большое число штрихов. Они могут быть прямыми, изогнутыми, в виде крошечных восьмерок и запятых, сетки и т. д. (рис. 43). При любом виде штриха к эмульсионному слою негатива надо слегка, без всякого нажима прикасаться графитом. Устранение пятен лучше начинать в плотных частях негатива, постепенно переходя к более прозрачным.

Ретушь начинают с центра пятнышка, заделывая до его границы, переходить за которую не следует. Если пятно имеет неправильную форму, то ретушь необходимо наносить соответственно его очертанию. Не надо покрывать пятнышко сплошным слоем графита. Его лучше наносить так, чтобы между отдельными штрихами были мельчайшие просветы. Такая структура ретуши негатива будет совершенно незаметной на позитиве.

Качество ретуши негатива определяют, рассматривая его на просвет,— штрихи любого вида не должны быть заметными.

Требуется много времени, чтобы овладеть всеми тонкостями фотографической печати, если ее осваивать эмпирически, без знания основных параметров фотобумаги и их влияния на построение фотографического изображения. Изучение процесса печати во много раз сокращается, когда фотолюбитель имеет ясное представление о свойствах фотобумаги: максимальном ее почернении, коэффициенте контрастности и среднем градиенте, полезном интервале экспозиций и других ее параметрах.

4. ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ БУМАГА И ЕЕ СВОЙСТВА

19. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ФОТОГРАФИЧЕСКИХ БУМАГАХ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Краткая технология производства фотобумаги. Фотобумага состоит из бумажной основы — *фотоподложки*, на которую нанесен *светочувствительный слой.*

Фотоподложка изготовляется пяти толщин, которые характеризуются весом: 1 *м*² тонкой фотоподложки весит 95 *г/м*², полукартона тонкого — 130 *г/м*², полукартона среднего —185 *г/м*², полукартона толстого — 220 *г/м*² и картонной плотности — 240 *г/м*². Она выпускается в рулонах шириной от 643 до 1033 *мм.*

Фотобумага на тонкой фотоподложке используется преимущественно для получения фотоотпечатков небольшого размера, а на подложке картонной плотности — для фотоотпечатков крупного формата и открыток.

Фотоподложка не должна содержать на поверхности и внутри бумажных волокон вещества, действующие на галогениды серебра светочувствительного слоя. Наличие,

например, в волокнах фотобумаги частиц железа дает на проявленной фотобумаге черные точки, а частиц меди — белые точки.

Во время обработки в фотографических растворах и промывки в воде фотоподложка не должна терять белизны, сильно набухать, пузыриться, расслаиваться и деформироваться.

Если при самой аккуратной работе такие дефекты систематически образуются на фотоотпечатках, то фотобумагу надо заменить, взяв другой номер эмульсии, который всегда обозначается фабрикой на упаковке.

Деформация изменяет линейные размеры фотоподложки, а следовательно, и фотобумаги. Различают *равномерную деформацию*, когда размеры фотобумаги изменяются одинаково во взаимно перпендикулярных направлениях; *остаточную деформацию*, при которой в одном направлении деформация больше, чем в перпендикулярном к нему, и *неравномерную деформацию*, если она непостоянна даже в одном направлении.

Разность между остаточной деформацией в поперечном и продольном направлениях по ГОСТу не должна быть более 0,25%. Ее необходимо учитывать при фотомонтаже и больших фотоувеличениях, составляемых из отдельных листов или полос фотобумаги. Наклейка отпечатков увеличивает деформацию основы, особенно если она неравномерно намазывается клеем.

Уменьшают деформацию фотобумаги *декатированием* — предварительным размачиванием в чистой воде и последующей сушкой. Эти операции проводят при неактиничном освещении. Декатированная фотобумага во время обработки деформируется значительно меньше.

Для большинства выпускаемых сортов фотобумаг основа баритуется. Этот процесс заключается в нанесении на нее баритовой массы, состоящей из желатины, сернокислого бария, хромовых квасцов, воды и ряда других веществ. Баритовую массу тщательно размешивают в мешалках и фильтруют несколько раз на специальных фильтрах с сеткой разного размера.

Затем баритовая масса, разогретая до 50—60°, наливается в лоток грунтовальной машины, к которому через направляющие ролики непрерывно подается фотоподложка — основа. На нее набрасывается каскадными валиками или бесконечным полотном баритовая масса. Далее основа, огибая цилиндр большого диаметра, попадает под щетки, которые разравнивают нанесенную баритовую массу. За-

грунтованная основа поступает в сушильные каналы для сушки. За один проход основы грунтовальная машина не может нанести баритовый слой достаточной толщины, поэтому процесс баритажа производят несколько раз.

Грунтовальная машина не обеспечивает достаточно ровную и плотную поверхность баритового слоя, поэтому высушенную баритованную основу прокатывают через каландры, отчего слой сильно уплотняется.

Баритовую массу часто подкрашивают голубой, розовой или кремовой краской, отчего фотобумага приобретает голубоватый, розоватый или кремовый оттенок, сохраняющийся и после фотографической обработки.

Толщина баритового слоя составляет 0,001—0,002 *мм*.

Поливной машиной при неактиничном освещении на баритованную основу наносят фотографическую эмульсию, предварительно подогретую до определенной температуры. Чтобы она после полива не стекла с основы, ее немедленно охлаждают (студенят), превращая в крепкий студень, прочно удерживающийся на баритовом слое. Для этого основа с эмульсией проходит по поверхности барабана поливной машины, в который поступает охлаждающий раствор. Затем фотобумага транспортируется для сушки. Сушилка представляет собой узкий коридор, продуваемый очищенным и подогретым воздухом. Высушенная фотографическая эмульсия образует светочувствительный слой фотобумаги.

Фотографическая эмульсия для фотобумаг отличается некоторыми особенностями по сравнению с негативными эмульсиями, а именно: 1) она очень мелкозерниста: размеры ее микрокристаллов редко превышают 0,01—0,02 *мк*; в большинстве случаев их величина лежит за пределами разрешающей силы оптического микроскопа; 2) ее разрешающая способность значительно выше, чем у негативных эмульсий; 3) она обеспечивает за короткое время проявления (1—2 *мин*) получение необходимого коэффициента контрастности; имеет небольшую светочувствительность, позволяющую вести обработку при ярком неактиничном освещении; 4) обладает высокой стабильностью фотографических свойств и не дает вуали при нормальной продолжительности проявления.

Мелкозернистая фотобумажная эмульсия дает после проявления почернения, состоящие из очень мелких зерен серебра. Такая их структура обеспечивает большую оптическую плотность почернения при небольшом количестве выделившегося во время проявления серебра,

что позволяет уменьшить на фотобумаге концентрацию серебра: в среднем 1 *м*² ее светочувствительного слоя содержит 1,5 *г* серебра против 6 *г* у негативного фотоматериала средней светочувствительности. Затем по сравнению с ним фотобумага имеет более тонкий светочувствительный слой (0,01—0,02 *мм*). Это вызвано тем, что свет при экспонировании из-за отражения баритовым подслоем проходит через светочувствительный слой фотобумаги дважды, отчего его действие усиливается.

Для повышения стабильности позитивной фотографической эмульсии в нее вводят стабилизирующие вещества. Их назначение — замедлять естественный процесс старения светочувствительного слоя, который вызывает падение светочувствительности, рост вуали, уменьшение контрастности и т. д.

По виду поверхности фотобумага делится на *гладкую*, которая по степени глянца подразделяется на особоглянцевую, глянцевую, полуматовую и матовую, и *структурную*, делящуюся на бархатистую, зернистую и тисненую.

У глянцевых фотобумаг вид поверхности обусловлен естественным глянцем желатинового слоя, а у особоглянцевых повышение глянца вызвано нанесением на ее светочувствительный слой очень тонкого защитного слоя из сильно задубленной желатины. Матовую и полуматовую поверхность у фотобумаги получают введением в фотографическую эмульсию матирующего вещества — сернокислого бария. Это вещество рассеивает свет, отражаемый баритовым и светочувствительным слоями, что и обусловливает матовый вид поверхности отпечатка. Полуматовые фотобумаги содержат сернокислого бария примерно в два раза меньше, чем матовые, поэтому они по сравнению с ними дают более насыщенное изображение.

Структурные фотобумаги получают поливом фотографической эмульсии на фотоподложку, на которой нанесен регулярный рисунок — растр. Его получают, пропуская фотоподложку под большим давлением через гравированные валы каландра.

Белизна поверхности фотобумаги улучшается с помощью люминофора — вещества, люминесцирующего под действием света. В особоглянцевые сорта его вводят в защитный слой, в остальные — в светочувствительный слой. Спектральный состав излучения люминофора подбирается таким, чтобы в смеси с излучением, отраженным светочувствительным слоем фотобумаги, давать световой поток, равноценный потоку, отраженному чисто белой

поверхностью. Некоторой аналогией этого явления служит подсинивание белья для придания ему белизны.

Рулон готовой фотобумаги при неактиничном освещении разрезают продольно-поперечной машиной на форматы от 6×9 до 50×60 *см*. Затем фотобумагу сортируют для отбраковки листов с дефектами и упаковывают в конверты по 10 и 20 листов или в коробки по 50 и 100 листов. Эти операции ведут при неактиничном освещении.

В процессе производства определяют фотографические свойства фотобумаги, которые характеризуют следующие

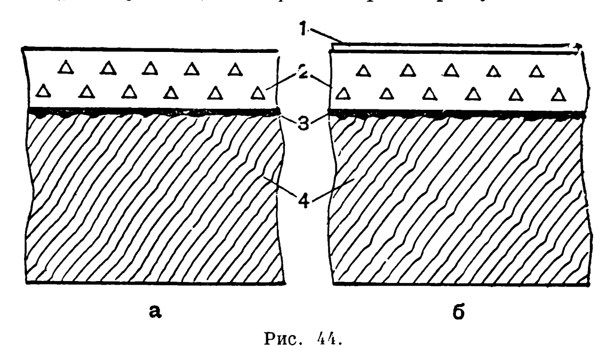


Рис. 44.
Схема поперечного строения фотобумаги: *а* — без защитного слоя и *б* — с защитным слоем. *1* — защитный слой, *2* — светочувствительный слой, треугольники — микрокристаллы галогенида серебра, *3* — баритовый подслой, *4* — бумажная основа

сенситометрические показатели: 1) оптическую плотность максимального почернения, 2) полезный интервал экспозиций, 3) степень контрастности, 4) плотность вуали и 5) светочувствительность.

Кроме того, проверяют, однородна ли поверхность обработанной фотобумаги; нет ли на ней белых и черных точек; полос из-за неровного наноса фотографической эмульсии, пятен, пузырей и ряби. Также определяют температуру плавления светочувствительного слоя, которая должна быть не ниже 50°.

Схематическое строение фотобумаги дано на рис. 44.

Срок, в течение которого фабрика гарантирует постоянство фотографических свойств светочувствительного слоя фотобумаг, называется *гарантийным сроком хранения*. Для увеличения срока хранения фотобумаги температура в помещении должна быть 10—20°, относительная влажность 60—70%; в него не должны проникать сероводород, пары аммиака, сернистый газ и т. д. Также нель-

зя хранить фотобумагу около отопительных приборов, на прямом солнечном свету на полках или в ящиках из свежих сосновых досок, так как их смолистые выделения вызывают вуалирование светочувствительного слоя. Фотобумаги нельзя держать в одном шкафу с химикатами.

Сорта фотобумаг. Отечественная промышленность выпускает фотобумаги *общего* и *специального назначения.* Первые используются для получения отпечатков с негативов в художественной, технической и документальной фотографии; вторые — для фотографической регистрации специальными приборами различных процессов и для прямого копирования документов.

Фотобумаги общего назначения разделяются на сорта, которым присвоены различные фирменные названия. Их технические названия зависят от галогенидов серебра, которые входят в светочувствительный слой (табл. 12).

Таблица 12

Ассортимент отечественных фотобумаг общего назначения

Техническое и фирменное название сорта фотобумаги	Состав светочувствительного слоя фотобумаги
Бромосеребряная: «Унибром» «Фотобром» «Новобром» «Самовирирующаяся»	Бромистое серебро с небольшой примесью йодистого серебра, самовирирующаяся фотобумага имеет еще и цветные компоненты
Хлорбромосеребряная: «Бромпортрет» «Контабром»	Хлористое и бромистое серебро
Хлоросеребряная: «Фотоконт»	Хлористое серебро с очень небольшой примесью бромистого серебра
«Аристотипная»	Хлористое серебро с примесью лимоннокислого и виннокислого серебра
Йодобромохлоросеребряная: «Йодоконт»	Йодистое и бромистое серебро с небольшой примесью хлористого серебра

Все сорта фотобумаг, перечисленные в табл. 12, за исключением «Аристотипной», образуют при экспонировании скрытое изображение, проявляемое и закрепляемое последующей обработкой. «Аристотипная» является фото-

бумагой с видимым изображением. Она не нуждается в проявлении. Полученное на ней при печати видимое изображение закрепляется в вираж-фиксаже, затем промывается и сушится.

Зернистость у бромосеребряных фотобумаг больше, чем у хлоробромосеребряных и хлоросеребряных.

Фотобумаги специального назначения относятся к бромосеребряным. Отечественная промышленность выпускает следующие сорта таких фотобумаг, которые, в зависимости от назначения, делятся на регистрирующие и репродукционные.

Регистрирующими фотобумагами являются: «Осциллографная», «Сейсмографная», «Фототелеграфная» и «Электрокардиографическая».

Репродукционными фотобумагами являются: «Фотостатная», «Фотокопир», «Реверсивная» и «Картографическая фотобумага со съемным слоем».

Все сорта фотобумаг описаны в § 29 и § 30.

20. КРИВАЯ ПОЧЕРНЕНИЙ ФОТОБУМАГИ

Почти все параметры фотобумаги определяют из ее кривой почернений, поэтому их рассмотрение начнем с описания ее построения.

Кривую почернений фотобумаги строят по фотоотпечатку *оптического клина*, который представляет собой желатиновую пленку, наклеенную на стеклянную пластинку. Пленка содержит ряд красителей и серебро проявленного изображения или коллоидный графит. Отношение этих веществ подбирают так, чтобы оптический клин был окрашен в нейтрально-серый цвет. Интенсивность его окраски может возрастать непрерывно или ступенями. В первом случае оптический клин называется *непрерывным*, а во втором — *ступенчатым*. Соответственно увеличению толщины желатиновой пленки возрастает непрозрачность клина: у ступенчатого — от поля к полю, у непрерывного — плавно. Величину нарастания непрозрачности клина характеризует *постоянная клина*, или его *константа*.

Для построения кривой почернений фотобумагу чаще всего экспонируют под нейтрально-серым непрерывным оптическим клином с константой 0,35, которая характеризует приращение оптической плотности клина на каждый сантиметр его длины. Продолжительность экспонирования должна быть такой, чтобы после проявления

получить на отпечатке возможно большую шкалу почернений непрерывного оптического клина от минимального до максимального почернения (рис. 45).

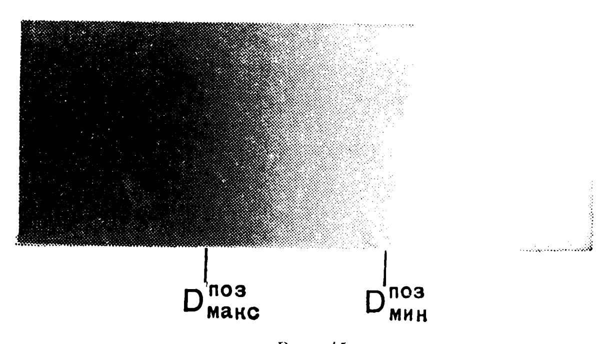


Рис. 45.
Фотоотпечаток непрерывного оптического клина

Степени почернения на фотоотпечатке непрерывного клина выражаются, как и у негативных фотоматериалов, оптической плотностью, которая представляет собой логарифм величины, обратной отражательной способности почернения. Предположим, что почернение фотобумаги отражает 5% упавшего на него светового потока, или, иными словами, $^1/_{20}$ его часть. Следовательно, оптическая плотность этого почернения составит 1,3, так как $\lg 20 = 1{,}3$. Когда почернение отражает 2% света, т. е. $^1/_{50}$ его часть, то оптическая плотность почернения будет равна 1,7, так как $\lg 50 = 1{,}7$. При отражении почернением 33% света, или $^1/_3$ светового потока, оптическая плотность равняется 0,5 ($\lg 3 = 0{,}5$) и т. д.

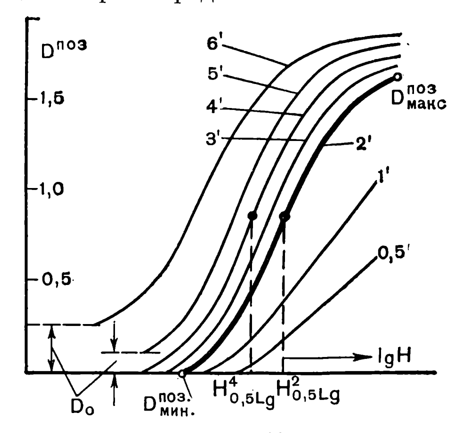


Рис. 46.
Изменение формы и положения кривой почернений фотобумаги со временем проявления. Жирной линией обозначена ее основная форма

Оптическую плотность почернения на фотоотпечатке будем обозначать символом $D^{поз}$.

С помощью прибора, например денсографа Гольдберга, полуавтоматически наносят на испытательный бланк через определенные расстояния оптические плотности почернений отпечатка непрерывного оптического клина. Соединяя на бланке найденные точки, получают кривую почернений фотобумаги. Самая верхняя точка на кривой почернений соответствует максимальной оптической плотности, а самая нижняя — минимальной оптической плотности.

Форма кривой почернений фотобумаги несколько иная, чем у негативных фотоматериалов.

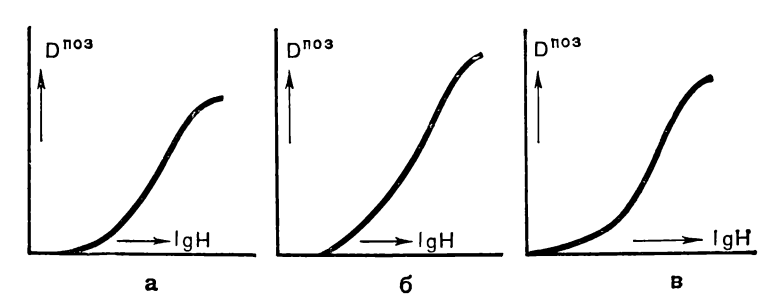


Рис. 47.
Типичные кривые почернений: *а* — бромосеребряной, *б* — хлоробромсеребряной, *в* — хлоросеребряной фотобумаги

Во-первых, она не имеет ясно выраженного прямолинейного участка или он небольшой.

Во-вторых, область недодержек кривой почернений имеет бо́льшую длину, чем у негативных фотоматериалов, а область передержек более крутая и более короткая.

В-третьих, при проявлении кривая почернений быстро достигает устойчивой формы, что обеспечивается специфическими свойствами позитивной фотографической эмульсии. Такое требование к скорости роста кривой почернений вызвано тем, что при медленном проявлении фотобумаги изготовление большой серии фотоотпечатков заняло бы много времени. На рис. 46 приведен ряд кривых почернений фотобумаги, которые иллюстрируют характер увеличения оптических плотностей почернений за время проявления от 0,5 до 6 *мин*. За период проявления между 2—4 *мин* кривые почернений приобретают *устойчивую форму*. Проявление более 4 *мин* дает вуаль (D_0), при 5 *мин* — слабую, а при 6 *мин* — значительную, что недопустимо на фотоотпечатке.

В-четвертых, кривые почернений у бромосеребряных, хлоробромосеребряных и хлоросеребряных фотобумаг имеют несколько различную форму. На рис. 47 приведены типичные кривые этих трех сортов фотобумаги.

21. МАКСИМАЛЬНОЕ И МИНИМАЛЬНОЕ ПОЧЕРНЕНИЕ. ИНТЕРВАЛ ПЛОТНОСТЕЙ ФОТОБУМАГИ

Максимальное почернение. Наивысшая точка на кривой почернений, за которой увеличение оптической плотности не происходит, определяет максимальную плотность почернения, получаемую на каком-либо сорте фотобумаги при оптимальном времени проявления (см. рис. 46). Оптическую плотность максимального почернения обозначают символом $D^{поз}_{макс}$. Легко установить, что вид поверхности фотобумаги влияет на плотность почернения. Для этого воспользуемся шкалой почернений, полученной ранее на полутоновой репродукционной фотопластинке (см. § 7), отпечатаем ее на бромосеребряной глянцевой и матовой фотобумагах одного номера и обработаем их в одинаковых условиях. Нетрудно заметить, что шкала почернений, полученная на глянцевой фотобумаге, имеет более черный тон, чем на матовой. Это различие в оттенке вызвано тем, что поверхность матовой и глянцевой фотобумаг различно отражает свет. Так, почернение, отражающее около 8% падающего на него светового потока, имеет серый цвет, от 6 до 3% — черный, а отражающее меньше 3% кажется глубоко-черным.

Рассмотрим теперь, какие явления происходят, когда на почернение фотоотпечатка падает световой поток. Некоторая часть его, пройдя в слой, поглотится зернами металлического серебра почернения, другая часть верхним слоем почернения будет отражена обратно в пространство. Чем больший процент света отражает почернение, т. е. чем выше его *отражательная способность*, тем меньше величина оптической плотности данного почернения. Однако падающий свет отражается не одним серебром почернения, световой поток еще рассеивается поверхностью желатины эмульсионного слоя фотоотпечатка. Кроме того, его небольшая часть, пройдя через слой, достигает баритового подслоя и вновь отражается наружу. Поэтому даже самые темные участки позитивного изображения всегда отражают некоторый минимум рассеянного света, что уменьшает видимую степень почернения.

Уменьшение отражения света, в зависимости от структуры поверхности фотобумаги, происходит в следующей последовательности: особоглянцевые фотобумаги рассеивают свет очень незначительно, глянцевые фотобумаги — незначительно, полуматовые — несколько больше, а матовые — максимально.

Поэтому особоглянцевые фотобумаги имеют наибольшее максимальное почернение; у глянцевых фотобумаг оно несколько меньше, а у матовых — наименьшее.

В табл. 13 приведены значения максимальной оптической плотности фотобумаг с различной поверхностью светочувствительного слоя.

Таблица 13

Максимальная оптическая плотность почернений фотографических бумаг

Вид поверхности фотобумаги	Бромосеребряные всех сортов	Хлоробромосеребряные и хлоросеребряные всех сортов	Йодосеребряные
	Максимальная оптическая плотность, не ниже		
Особоглянцевая	1,75—1,8	—	—
Глянцевая	1,5	1,6	1,7
Полуматовая	1,2	1,3	1,3
Матовая	1,1	1,2	1,2
Зернистая	1,2	1,2	1,2
Тисненая глянцевая	1,3	1,3	1,3
Тисненая полуматовая и матовая	1,1	1,1	1,1

От величины максимального почернения зависит число тонов (почернений), которые можно получить на данной фотобумаге и которые воспринимаются глазом как различные. Представим себе, что два различных сорта фотобумаги имеют одинаковые минимальные почернения, практически близкие к нулю, но разные максимальные почернения. Пусть фотобумага A имеет $D^{\text{поз}}_{\text{макс}} = 1{,}5$, а фотобумага $Б$—$D^{\text{поз}}_{\text{макс}} = 1{,}1$ (см. табл. 13). На оси ординат рис. 48 слева обозначены ступени почернений, различаемые глазом (T), а справа на ней — оптические плотности почернений позитива $D^{\text{поз}}$. Величина ступени принимается

равной 0,05*. На фотобумаге *Б* глаз различит 20 тонов (1,1:0,05=22), а на фотобумаге *А* — уже 30 тонов (1,5 : 0,05=30).

Таким образом, *число различаемых тонов, которые можно получить на фотобумаге, зависит в основном от величины ее максимального почернения.*

Кроме того, от максимальной оптической плотности зависят величины: коэффициента контрастности, интервала оптических плотностей и полезного интервала экспозиций фотобумаги.

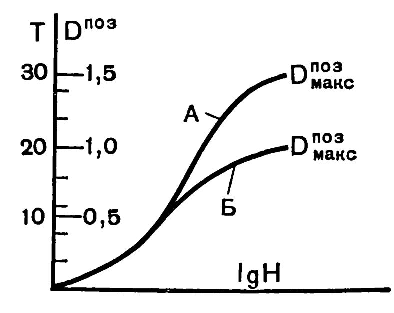


Рис. 48.
Зависимость числа тонов (*Т*) от величины максимальной оптической плотности почернений фотобумаги

Минимальное почернение. Это наименьшее почернение, едва отличимое от цвета фотоподложки. Оно лежит в самой нижней точке кривой почернений. На особоглянцевых и глянцевых фотоотпечатках глаз различает меньшее значение $D^{поз}_{мин}$, чем на матовых.

Вуаль. Это почернение, образованное проявленными неэкспонированными микрокристаллами светочувствительного слоя. На фотобумагах ее быть не должно даже, согласно действующему ГОСТу, при увеличении времени проявления в проявителе № 1 бромосеребряной фотобумаги до 4 *мин*, а остальных сортов фотобумаг — до 3 *мин*. Это требование вызвано тем, что вуаль сокращает шкалу почернений и деформирует начальный участок кривой почернений, отчего уменьшается полезный интервал экспозиций фотобумаги.

Для определения величины вуали фотобумагу при неактиничном освещении разрезают на пять полосок, одну из которых только фиксируют, промывают и высушивают, остальные проявляют и высушивают в течение

* Ступень, равная 0,05, взята условно. О максимальном количестве различаемых тонов имеются противоречивые мнения: их число определяют от 24 до 214. Высшее число получается, если принять, что почернения уже различимы друг от друга, если их яркости отличаются на 1,7%, или в 0,017 раза. Тогда теоретически на фотобумаге с $D^{поз}_{макс}=1,5$ различается 214 тонов. Фактически глаз различает меньше тонов, так как он по-разному различает ступени почернений в светлых и темных участках изображения.

2, 4, 6 и 8 *мин*, а затем фиксируют, промывают и высушивают. Наличие вуали устанавливают визуально, сравнивая проявленные полоски с непроявленной. Если полоска, проявленная 4 *мин*, по плотности не отличается от контрольной, то фотобумага пригодна для работы.

Интервал плотностей. Он представляет разность оптических плотностей самого темного и самого светлого элементов фотографического изображения или разность между максимальным и минимальным почернениями кривой почернений. Он обозначается символом $\Delta D^{\text{поз}}$, т. е. $\Delta D^{\text{поз}} = D^{\text{поз}}_{\text{макс}} - D^{\text{поз}}_{\text{мин}}$.

22. КОЭФФИЦИЕНТ КОНТРАСТНОСТИ ФОТОБУМАГИ

Величина коэффициента контрастности у фотобумаги, как и у негативного фотоматериала, зависит от угла наклона прямолинейного участка кривой почернений: чем он больше, тем больше его тангенс, а следовательно, и коэффициент контрастности фотобумаги. Количественно его выражают, как и у негативных фотоматериалов, отношением приращения оптической плотности почернения к приращению экспозиций, соответствующих началу и концу прямолинейного участка кривой почернений.

Величина коэффициента контрастности определяет *степень контрастности фотобумаги*, которая обозначается возрастающими номерами от № 1 до № 7.

На рис. 49 изображены три кривые почернений одного сорта фотобумаги, но с разными коэффициентами контрастности. Они экспонированы и обработаны в одинаковых условиях. Из рисунка видно, что одним и тем же приращениям количеств освещения, выраженным равными отрезками, для каждой степени контрастности фотобумаги на прямолинейном участке кривой почернений (*аб*) соответствуют различные приращения оптических плотностей. У фотобумаги *а* эти приращения меньше, чем у фотобумаги *б* и особенно у фотобумаги *в*. Это означает, что фотобумага *в* наиболее контрастна, фотобумага *а* — наименее. Фотобумага *б* занимает промежуточное положение.

Под кривыми почернений фотобумаг различной контрастности на рис. 49 помещены отпечатки оптического клина с константой 0,1, сделанные на мягкой, контрастной и особоконтрастной фотобумагах. Вид почернений на них указывает, что при большом коэффициенте контрастности под действием определенных экспозиций оптические

плотности почернений у фотобумаги нарастают очень быстро и через малое число промежуточных плотностей достигают своего максимального значения. У фотобумаг с небольшим коэффициентом контрастности в аналогичных условиях нарастание оптических плотностей проис-

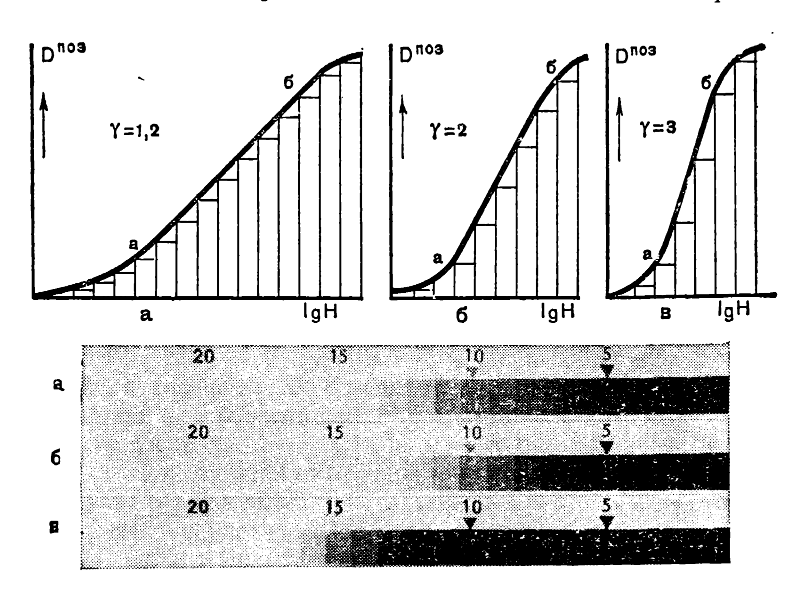


Рис. 49.
Схема, иллюстрирующая характер увеличивающихся приращений оптических плотностей у кривых почернений в зависимости от величины коэффициента контрастности фотобумаги

ходит медленно и максимальное почернение наступает через значительное количество промежуточных плотностей.

Число проработанных полей оптического клина на отпечатках *а*, *б* и *в* (см. рис. 49) различно. Наименьшее их количество получилось на контрастной фотобумаге. Это произошло потому, что при печати на контрастной фотобумаге большая часть почернений 30-польного оптического клина с константой 0,1 и интервалом оптических плотностей от 0 до 3 фактически не используется.

Если взять для испытания контрастной фотобумаги 30-польный оптический клин с меньшей константой, например 0,03, и с интервалом оптических плотностей от 0 до 1, то на отпечатке получится большее число полей

клина, чем при печати оптического клина с константой 0,1. Таким образом:

Количество тонов на фотоотпечатке при печати на фотобумаге данной степени контрастности зависит от величины константы и интервала оптических плотностей клина.

Это правило, как увидим далее, справедливо и для любого негатива.

Убедиться в этом можно, проделав следующие опыты. На двух полутоновых репродукционных фотопластинках получим, как описано в § 7, две шкалы с 15 полями. Одну из них (№ 1) проявим нормальное время, другую (№ 2) — недопроявим на одну треть. На первой негативной шкале поля будут отличаться друг от друга значительнее, чем на второй, т. е. можно условно принять, что первая негативная шкала имеет большую константу, чем вторая. Также интервал оптических плотностей почернений у первой шкалы больше, чем у второй.

На одном сорте контрастной (№ 6) фотобумаги «Унибром» отпечатаем, нормально экспонировав и проявив, по копии шкалы № 1 и № 2. Легко установить, что на копии первой шкалы полей меньше, чем на второй.

Этот опыт опровергает мнение, бытующее среди фотографов, что контрастные фотобумаги всегда дают на фотоотпечатке меньшее число тонов, чем мягкие сорта.

Контрастность фотобумаги по сравнению с контрастностью негативных фотоматериалов имеет следующие особенности.

Во-первых, быстрое образование устойчивой формы кривой почернений фотобумаги приводит к тому, что коэффициент контрастности у нее растет со временем проявления значительно быстрее, чем у негативных фотоматериалов. У бромосеребряных фотобумаг коэффициент контрастности достигает своей максимальной величины за 2 *мин*, а у хлоробромосеребряных и хлоросеребряных — за 1 *мин*.

По этой причине коэффициент контрастности фотобумаги нельзя изменять, варьируя время проявления, как это делается при обработке негативных фотоматериалов. Если для этой цели уменьшить продолжительность проявления против указанного в рецепте, то это снизит не только коэффициент контрастности, но и оптическую плотность почернений, что значительно ухудшит позитивное изображение, поэтому *укорачивать проявление фотобумаг не рекомендуется*. Наоборот, увеличение продолжи-

тельности проявления ведет к образованию вуали, которая ухудшит изображение на фотоотпечатке.

Однако увеличение продолжительности проявления бромосеребряных фотобумаг до 4 *мин*, а хлорбромосеребряных до 3 *мин* при правильной выдержке не влияет на качество изображения, так как при этом форма кривой почернений будет стабильной и она только сместится влево параллельно самой себе, без изменения коэффициента контрастности, увеличения максимальной плотности и без образования вуали (рис. 46). Такое смещение кривой почернений означает, что с увеличением продолжительности проявления (в вышеуказанном промежутке времени) растет только светочувствительность фотобумаги (S). Фотографы часто используют это свойство фотобумаги и более длительным проявлением «вытягивают изображение», когда при печати сделана очень небольшая недодержка.

Во-вторых, на величину коэффициента контрастности фотобумаги влияет величина оптической плотности почернения конца прямолинейного участка кривой почернений. Она у фотобумаг с различной поверхностью разная: у особоглянцевых — наибольшая, а у матовых — наименьшая (§ 21). Поэтому у фотобумаг одной и той же степени контрастности (например, № 3), но с различной поверхностью светочувствительного слоя, величина коэффициента контрастности различна. Например, бромосеребряная фотобумага «мягкая» особоглянцевая имеет коэффициент контрастности, равный 1,4; глянцевая— 1,2; «мягкая» же фотобумага с матовой поверхностью имеет коэффициент контрастности, равный 1,1, т. е. коэффициент контрастности у особоглянцевой фотобумаги почти на 30% больше, чем у матовой того же номера контрастности. Эту особенность фотобумаг надо учитывать при подборе их к негативу.

В-третьих, коэффициент контрастности фотобумаги, определенный по прямолинейному участку кривой почернений, неполностью выражает ее контрастность. Это объясняется тем, что у большинства фотографических бумаг, как уже указывалось, прямолинейный участок кривой почернений имеет небольшое протяжение. Поэтому, если пользоваться для построения изображения только его почернениями, то позитивное изображение будет неудовлетворительным.

Из этих соображений контрастность фотобумаги лучше выражать *средним градиентом кривой почернений*, кото-

Таблица 14

Соответствие между номером контрастности фотобумаги и величиной коэффициента контрастности

Техническое и фирменное название фотобумаги	Номер степени контрастности	Коэффициент контрастности		
		Особо-глянцевая	Глянцевая	Матовая
Бромосеребряная:				
«Унибром»	1	1,4—1,5	1,2—1,4	1,1—1,2
«Фотобром»	2	1,6—1,9	1,5—1,7	1,3—1,5
«Новобром»	3	2,0—2,4	1,8—2,0	1,6—1,8
«Самовирирующаяся»	4	2,5—2,9	2,1—2,5	1,9—2,1
	5	3,0—3,9	2,6—3,0	2,2—2,6
	6	4,0—4,9	3,1—4,0	2,7—3,5
	7	Более 5,0	Более 4,0	Более 3,6
Хлоробромосеребряная:				
«Бромпортрет»	1	—	1,2—1,4	1,1—1,2
«Контабром»	2	—	1,5—1,8	1,3—1,5
	3	—	1,9—2,3	1,6—1,9
	4	—	2,4—2,8	2,0—2,4
Хлоросеребряная:				
«Фотоконт»	2	1,6—1,9	1,5—1,7	1,3—1,5
	3	2,0—2,4	1,8—2,0	1,6—1,8
	4	2,5—3,0	2,1—2,5	1,9—2,1
	5	3,1—3,9	2,6—3,0	2,2—2,6
	6	4,0—4,8	3,1—4,0	2,7—3,5
	7	Более 5,0	Более 4,1	Более 3,6
Йодохлоробромосеребряная:				
«Йодоконт»	1	—	1,3—1,5	1,1—1,2
	2	—	1,6—1,8	1,3—1,5
	3	—	1,9—2,2	1,6—1,9

Примечания. 1. По степени контрастности фотобумага «Самовирирующаяся» выпускается только № 2 и № 3.

2. Фотографические показатели фотобумаги с видимым печатанием «Аристотипная» не нормируются.

рый количественно более полно определяет степень контрастности светочувствительного слоя (см. § 25). Однако, согласно ГОСТу, промышленность обозначает степень контрастности фотобумаги коэффициентом контрастности (табл. 14).

В табл. 14 приведены значения коэффициента контрастности различных сортов фотобумаг, вырабатываемых отечественной промышленностью. Как видно из табл. 14, коэффициент контрастности у фотобумаг значительно выше, чем у негативных фотоматериалов. Например, у «мягкой» глянцевой бромосеребряной фотобумаги он колеблется от 1,2 до 1,4 а у фотопленки равен 0,8 и т. д. Необходимость изготовлять фотобумагу с коэффициентом контрастности больше единицы вызвана тем, что получить отличный отпечаток с полной градацией тонов можно, только компенсировав уменьшенные различия яркостей объекта на негативном изображении, получающиеся из-за проявления негатива до небольшой гаммы проявления.

Этот вопрос будет подробно рассмотрен в параграфе о подборе фотобумаги к негативу (см. § 34).

Фабрики контрастность фотобумаг обозначают на упаковке не величиной коэффициента контрастности, а возрастающими номерами:

№ 1 — малоконтрастную (мягкую),
№ 2 и № 3 — нормальную,
№ 4 и № 5 — контрастную,
№ 6 — особоконтрастную,
№ 7 — сверхконтрастную.

23. ПОЛЕЗНЫЙ ИНТЕРВАЛ ПЛОТНОСТЕЙ ФОТОБУМАГИ

Для построения позитивного изображения, как правило, используют всю или почти всю шкалу почернений. В первом случае от едва отличающихся от цвета подложки до глубоко-черных, т. е. все области кривой почернений. Во втором случае — полностью области недодержек и пропорциональной передачи и некоторую часть области передержек.

Второй случай обычно встречается при печати портретных, пейзажных и архитектурных снимков, у которых наибольшие почернения чаще соответствуют началу области передержек кривой почернений.

Различное использование почернений в области недодержек и передержек объясняется тем, что наш глаз поразному воспринимает различия почернений с малыми и большими оптическими плотностями, так как контрастная чувствительность глаза при данном уровне освещенности выше в светлых частях изображения, чем в темных.

На основании обширного экспериментального материала установлено, что наш глаз в светлых частях изображе-

ния различает почернения, отличающиеся на 0,02 оптической плотности, а в темных частях — на 0,1. В первом случае яркости почернений отличаются друг от друга в 1,05 раза, а во втором — в 1,25 раза.

Поэтому с *достаточной для практических целей точностью можно считать, что изображение на фотоотпечатке должно строиться почернениями, оптические плотности которых лежат между* 0,02 и $D_{\text{макс}}^{\text{поз}}$ —0,1.

Разность этих оптических плотностей почернений, соответствующих точкам *m* и *n* на рис. 50, выражает полезный интервал плотностей почернений фотобумаги (его символ $\Delta D_g^{\text{поз}}$), который равен:

$$\Delta D_g^{\text{поз}} = D_{\text{макс}}^{\text{поз}} - 0{,}1 - 0{,}02, \qquad (18)$$

или округленно:

$$\Delta D_g^{\text{поз}} = D_{\text{макс}}^{\text{поз}} - 0{,}1. \qquad (19)$$

В пределах полезного интервала плотностей строится позитивное изображение на фотоотпечатке. Причем фотограф, в зависимости от творческого замысла, может использовать для построения изображения полностью $\Delta D_g^{\text{поз}}$ или некоторую его часть.

Чем выше у фотобумаги максимальная оптическая плотность почернения (см. табл. 13), тем больше у нее полезный интервал плотностей. Наибольшее его значение имеют особоглянцевые фотобумаги, наименьшее—матовые. Поэтому на первых фотобумагах можно передать при печати более широкую шкалу тонов, чем на вторых. Фотобумаги с другими видами поверхности занимают промежуточное положение в отношении числа передаваемых тонов.

24. ПОЛЕЗНЫЙ ИНТЕРВАЛ ЭКСПОЗИЦИЙ ФОТОБУМАГИ

В предыдущем параграфе было установлено, что в пределах полезного интервала плотностей фотобумаги строится позитивное изображение. Началу и концу используемых почернений на кривой почернений фотобумаги соответствуют минимальная (H_n) и максимальная (H_m) экспозиции, или количество освещения, которое вызывало образование указанных почернений *n* и *m* на рис. 50. Экспозиции, лежащие между ними, т. е. их интервал, образуют всевозможные тона на изображении.

Этот интервал называется *полезным интервалом экспо-*

зиций и является весьма существенной характеристикой фотографических свойств фотобумаги. Его символ L_g.

Полезный интервал экспозиций фотобумаги численно выражают отношением экспозиции, соответствующей оптической плотности почернения $D^{поз}_{макс}$—0,1 в области передержек, которую обозначим через H_m, и экспозиции в об-

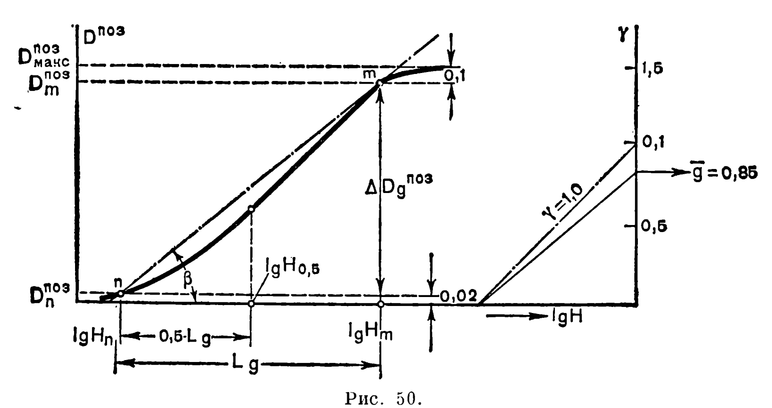


Рис. 50.
Схема, поясняющая сущность полезного интервала плотностей, полезного интервала экспозиций и среднего градиента фотобумаги

ласти недодержек H_n, отвечающей оптической плотности почернения, равной 0,02, т. е.

$$L_g = H_m : H_n. \qquad (20)$$

Полезный интервал экспозиций также выражают и в логарифмической форме разностью экспозиций, приведенных в формуле 20:

$$L_g = \lg H_m - \lg H_n. \qquad (21)$$

П р и м е р. Предположим, что точке m на кривой почернений (рис. 50), представляющей собой почернение $D^{поз}_{макс}$—0,1, соответствует экспозиция в 4 *лк·сек*, а точке n, выражающей почернение, равное 0,02,— экспозиция в 0,2 *лк·сек*. В этом случае полезный интервал экспозиций фотобумаги равняется 4 : 0,2=20 : 1, а в логарифмическом виде 1,3.

Между степенью контрастности фотобумаги и ее полезным интервалом экспозиций существует следующая зависимость.

Чем меньше коэффициент контрастности фотобумаги, тем больше ее полезный интервал экспозиций.

Таким образом, малоконтрастные (мягкие) фотобумаги имеют наибольший интервал экспозиций, а особоконтрастные — наименьший.

Величина полезного интервала экспозиций также зависит от состава светочувствительного слоя фотобумаги: у хлоробромосеребряной он несколько больше, чем у бромосеребряной такого же номера контрастности.

Величины полезного интервала экспозиций для всех сортов фотобумаги общего назначения приведены в табл. 15.

Полезный интервал экспозиций определяют с помощью теста ГОИ, который представляет собой стеклянную пластинку размером 9×12 *см* в деревянной рамке. На пластинку наклеены три негатива одного и того же сюжета (рис. 51). Каждый негатив имеет разный интервал плотностей: у негатива, обозначенного буквой *Н*, он равен 1,1, у негатива *К*—0,65, а у негатива *ОК*—0,25. Негативы служат для визуального приближенного определения степени контрастности испытываемой фотобумаги. Ниже негативов помещен ступенчатый клин с константой, равной 0,1. Он состоит из 30 ступеней; оптическая плотность первой, самой прозрачной ступени равна 0,3, а последней—3,3. Следовательно, интервал экспозиций у клина равняется 1 : 1000, или логарифм интервала экспозиций клина составляет 3,0. Для уменьшения размера прибора оптический клин разделен на две части, а для удобства отсчета над его полями поставлены числа. Ступенчатый клин теста ГОИ предназначается для непосредственного определения полезного интервала экспозиций и других параметров фотографической бумаги.

Кроме того, на стеклянной пластинке теста укреплены желтый и оранжевый светофильтры, аналогичные применяемым для освещения фотолаборатории при работе с фотографическими бумагами. Они служат для определения чувствительности фотобумаги к желтым и зеленым лучам спектра. Отсутствие под светофильтрами почернения указывает, что можно применять нормальное неактиничное освещение фотолаборатории при работе с данным сортом фотобумаги. Когда под светофильтрами имеется почернение, то во избежание образования вуали освещение фотолаборатории должно быть светло-красным.

При испытаниях экспонирование фотобумаги можно производить любым источником света, равномерно освещающим тест. Экспонированную фотобумагу проявляют в проявителе № 1 (см. табл. 4), в котором фабрики фотогра-

Таблица 15

Соответствие между номером контрастности фотобумаги и величиной полезного интервала экспозиции

Техническое и фирменное название фотобумаги	Номер контрастности фотобумаги	Полезный интервал экспозиций (средние значения)						
		особоглянцевая	глянцевая	полуматовая	матовая	зернистая	тисненая	
							глянцевая	матовая и полуматовая
Бромосеребряная:								
«Унибром»	1	1,8	1,7	1,65	1,6	1,65	1,67	1,6
«Новобром»	2	1,5	1,4	1,35	1,3	1,35	1,37	1,3
«Фотобром»	3	1,2	1,17	1,15	1,1	1,15	1,16	1,1
«Самовирирующая-ся»	4	1,0	0,95	0,93	0,9	0,93	0,94	0,9
	5	0,8	0,75	0,73	0,7	0,73	0,74	0,7
	6	0,6	0,55	0,53	0,5	0,53	0,54	0,5
	7	0,4	0,35	0,33	0,3	0,33	0,34	0,3
Хлоробромосеребряная:								
«Бромпортрет»	1	—	1,9	1,8	1,7	1,8	1,85	1,7
«Контабром»	2	—	1,6	1,5	1,4	1,5	1,55	1,4
	3	—	1,3	1,25	1,2	1,25	1,28	1,2
	4	—	1,1	1,05	1,0	1,05	1,08	1,0
Хлоросеребряная:								
«Фотоконт»	2	1,4	1,35	1,33	1,3	1,33	1,34	1,3
	3	1,2	1,17	1,15	1,1	1,15	1,16	1,1
	4	1,0	0,95	0,93	0,9	0,93	0,94	0,9
	5	0,8	0,75	0,73	0,7	0,73	0,74	0,7
	6	0,6	0,55	0,53	0,5	0,53	0,54	0,5
	7	0,4	0,35	0,33	0,3	0,33	0,34	0,3
Йодохлоробромосеребряная:								
«Йодоконт»	1	—	1,8	1,7	1,6	1,7	1,75	1,6
	2	—	1,5	1,45	1,4	1,45	1,47	1,4
	3	—	1,3	1,2	1,1	1,2	1,25	1,1

Примечание. Фотобумага «Самовирирующаяся» выпускается только № 2 и № 3

фических бумаг рекомендуют обрабатывать свою продукцию. Продолжительность проявления бромосеребряных фотобумаг 2 *мин*, а хлоробромосеребряных и хлоросеребряных — 1 *мин*.

Полезный интервал экспозиций фотобумаги находят по формуле

$$L_g = 0{,}1(N_2 - N_1), \tag{22}$$

где N_2 — номер последнего поля на отпечатке оптического клина в больших плотностях еще отличающегося на глаз от почернения правого соседнего поля; N_1 — номер поля в малых почернениях отпечатка клина, левее которого уже нельзя различить соседнее с ним поле; 0,1 — константа оптического клина.

П р и м е р. На отпечатке теста (рис. 51) последнее отличаемое от соседнего поле в больших плотностях имеет

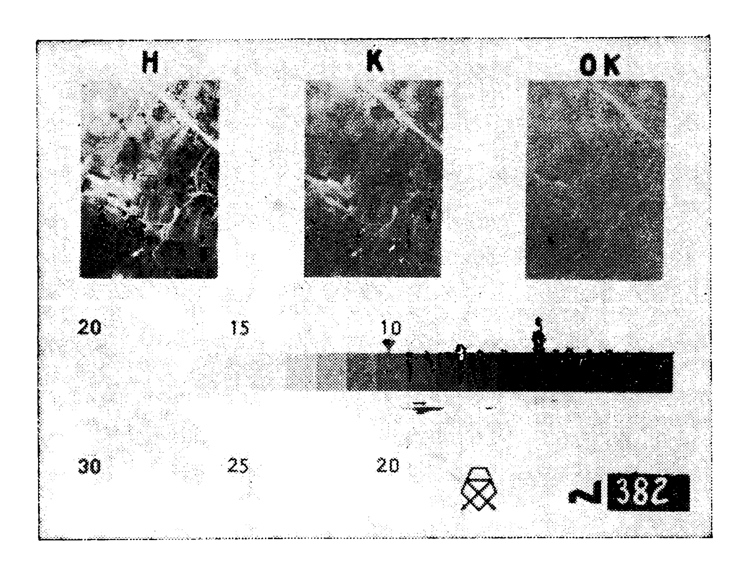


Рис. 51.
Отпечаток теста ГОИ

5-й номер, а в малых плотностях — 17-й номер. Следовательно, полезный интервал экспозиций данной фотобумаги равен $L_y = 0{,}1(17 - 5) = 1{,}2$.

В условиях работы фотолюбителя полезный интервал экспозиций можно определить упрощенно, проделав следующий опыт. Отпечатаем на пяти листах испытываемой фотобумаги шкалу почернений, полученную в предыдущем опыте на репродукционной полутоновой пластинке с разными выдержками, например в 1, 2, 4, 16 и 32 *сек.*

Проявим в проявителе № 1 все фотоотпечатки на бро-

мосеребряной фотобумаге 2 *мин*, а на хлоробромосеребряной — 1 *мин*. Затем их отфиксируем, промоем и высушим.

Разложим отпечатки на столе и осветим их так, чтобы глаза наблюдателя находились в тени. Сравним визуально, какие отпечатки, экспонированные с разной выдержкой, имеют одинаковое число полей. Предположим, что этому условию отвечают два отпечатка, экспонированные 2 и 16 *сек*. Отношение 16 : 2 = 8 : 1 и явится величиной полезного интервала экспозиций данной фотобумаги, выраженной арифметически. В логарифмическом выражении она равняется 0,9, т. е. данная фотобумага по контрастности соответствует № 4.

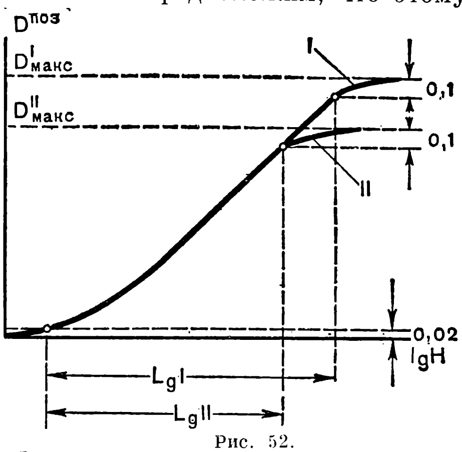


Рис. 52.
Зависимость величины полезного интервала экспозиций фотобумаги от величины максимальной оптической плотности ее почернений

Полезный интервал экспозиций фотобумаги зависит от величины максимальной оптической плотности почернения, достижимой на данном сорте фотобумаги. Поэтому особоглянцевые фотобумаги имеют больший полезный интервал экспозиций, чем матовые. Это положение иллюстрировано чертежом на рис. 52, на котором изображены две кривые почернений: *I* соответствует особоглянцевой фотобумаге, *II* — матовой. Для удобства рассуждений предположим, что коэффициенты контрастности этих кривых почернений равны; минимальные оптические плотности этих фотобумаг одинаковы по величине ($D^{поз}_{мин}=0{,}02$). Максимальные же оптические плотности, равные $D^{поз}_{макс}-0{,}1$, у них разные, из-за чего их проекции на ось экспозиций будут также разной величины и, следовательно, полезный интервал экспозиций у особоглянцевой фотобумаги (L_gI) будет больше, чем у матовой (L_gII).

В § 21 было установлено, что число различаемых тонов, которые можно получить на фотобумаге, зависит в основном от величины ее максимального почернения. Поскольку величина полезного интервала экспозиций также зависит от этой величины, то можно сделать вывод:

Чем больше полезный интервал экспозиций у фотобумаги, тем больше тонов можно получить на ней.

Это положение не является правильным для любого случая печати на фотобумагах. Значение величины полезного интервала экспозиций фотобумаги следует рассматривать не изолированно, а в связи с интервалом плотностей негатива, с которого производится печать. Подробно вопрос о зависимости между полезным интервалом экспозиций и интервалом плотностей негатива рассматривается ниже.

25. СРЕДНИЙ ГРАДИЕНТ ФОТОБУМАГИ

Так как при печати используются области недодержек и передержек кривой почернений фотобумаги, контрастность ее правильнее определять не коэффициентом контрастности, а по среднему градиенту, который выражают, как и у негативных фотоматериалов, символом $\bar{g}$.

Средний градиент фотобумаги принципиально не отличается от среднего градиента негативного фотоматериала (см. главу 11). Их различие заключается только в том, что построение среднего градиента фотобумаги несколько отлично от его построения для негативных фотоматериалов, так как для этого используются не точки минимального полезного градиента в областях недодержек и передержек кривой почернений, а точки, оптические плотности которых составляют 0,02 и $D^{\text{поз}}_{\text{макс}}$—0,1.

Этим оптическим плотностям на рис. 50 соответствуют точки n и m. Их соединяют прямой линией, которая на рис. 50 изображена пунктиром. Тангенс угла ее наклона (β) количественно выражает величину среднего градиента фотобумаги.

Величину среднего градиента можно также вычислить аналитически по формуле, обозначения в которой взяты из рис. 50:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{D_m - D_n}{\lg H_m - \lg H_n}. \qquad (23)$$

Разность D_m—D_n представляет собой полезный интервал плотностей почернения $\Delta D^{\text{поз}}_{g}$, а разность $\lg H_m$—$\lg H_n$— полезный интервал экспозиций L_g. Подставив эти значения в формулу 23, получим

$$\bar{g}_{\text{поз}} = \frac{\Delta D^{\text{поз}}_{g}}{L_g}. \qquad (24)$$

Таким образом, *средний градиент фотобумаги является отношением полезного интервала ее плотностей к полезному интервалу экспозиций.*

Полезный интервал экспозиций фотобумаги определяют с помощью теста ГОИ по формуле 22.

Таблица 16

Значения среднего градиента отечественных фотобумаг

Техническое и фирменное название сорта фотобумаги	Номер контрастности	Величина среднего градиента (средние значения)						
		особоглянцевая	глянцевая	полуматовая	матовая	зернистая	тисненая: глянцевая	тисненая: матовая
Бромосеребряная: «Унибром», «Фотобром», «Новобром», «Самовирирующаяся»	1	0,91	0,82	0,66	0,62	0,66	0,71	0,62
	2	1,10	1,0	1,81	0,77	0,81	0,87	0,77
	3	1,37	1,19	0,94	0,90	0,94	1,03	0,90
	4	1,65	1,45	1,18	1,11	1,18	1,28	1,11
	5	2,06	1,86	1,5	1,45	1,5	1,62	1,45
	6	2,75	2,54	2,07	2,0	2,07	2,22	2,0
	7	4,12	4,0	3,33	3,33	3,33	3,53	3,33
Хлорбромосеребряная: «Бромпортрет», «Контабром»	1	—	0,79	0,66	0,64	0,61	0,64	0,59
	2	—	0,94	0,80	0,78	0,73	0,77	0,71
	3	—	1,15	0,96	0,91	0,88	0,93	0,83
	4	—	1,36	1,14	1,1	1,04	1,11	1,0
Хлоросеребряная: «Фотоконт»	2	1,18	1,1	0,90	0,84	0,82	0,89	0,77
	3	1,37	1,28	1,04	1,0	0,95	1,03	0,90
	4	1,65	1,45	1,29	1,22	1,18	1,27	1,11
	5	2,06	1,86	1,64	1,57	1,50	1,62	1,43
	6	2,75	2,54	2,26	2,2	2,07	2,88	2,0
	7	4,12	4,0	3,63	3,66	3,33	3,52	3,33
Йодохлорбромосеребряная: «Йодоконт»	1	—	0,88	0,7	0,69	0,64	0,68	0,62
	2	—	1,06	0,82	0,78	0,75	0,81	0,71
	3	—	1,23	1,0	1,0	0,91	0,96	0,90

Примечание. Фотобумага «Самовирирующаяся» выпускается только № 2 и № 3.

Аналитическое определение среднего градиента облегчается тем, что полезный интервал плотностей фотобумаги без большой погрешности можно считать для данного сорта величиной постоянной. Это объясняется тем, что поскольку максимальная оптическая плотность фотобумаг стандартизирована (см. табл. 13), то полезный интервал ее плотностей определяется вычитанием из $D_{\text{макс}}^{\text{поз}}$ оптической плотности 0,1. Например, максимальная оптическая плотность особоглянцевых бромосеребряных фотобумаг равна 1,75, тогда ее $\Delta D_{\text{макс}}^{\text{поз}} = 1{,}75 - 0{,}1 = 1{,}65$, для глянцевых бромосеребряных бумаг он составит $1{,}5 - 0{,}1 = 1{,}4$, а для такого же сорта матовых бумаг — $1{,}1 - 0{,}1 = 1{,}0$.

Из этих значений $\Delta D_g^{\text{поз}}$ определим средний градиент особоглянцевой, глянцевой и матовой бромосеребряных фотобумаг «Унибром» № 6, полезный интервал экспозиций у которых равняется 0,6; 0,55 и 0,5 (см. табл. 15).

Он будет составлять у:

а) особоглянцевой фотобумаги

$$\bar{g} = \frac{1{,}65}{0{,}6} = 2{,}75;$$

б) глянцевой фотобумаги

$$\bar{g} = \frac{1{,}4}{0{,}55} = 2{,}54;$$

в) матовой фотобумаги

$$\bar{g} = \frac{1}{0{,}5} = 2.$$

Из этих данных сделаем вывод.

Средний градиент зависит от вида поверхности фотобумаги: у особоглянцевых он наибольший, у матовых — наименьший, у других сортов имеет промежуточное значение.

В табл. 16 приведены значения среднего градиента фотобумаг общего назначения, выпускаемых отечественной промышленностью.

26. СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ФОТОБУМАГИ

Светочувствительность фотобумаги выражает свойство ее светочувствительного слоя изменяться под действием света, в результате чего в нем образуется скрытое изображение, которое после проявления превращается в видимое.

Светочувствительность фотобумаги определяется иначе, чем негативных фотоматериалов. Напомним, что критерием светочувствительности (S) негативных фотоматериалов является экспозиция (H), соответствующая точке кривой почернений, превышающей плотность вуали на 0,85, т. е. эта точка всегда лежит в области пропорциональной передачи кривой почернений. Выбор такого критерия вызван тем, что при фотосъемке наиболее целесообразно использовать для построения негативного изображения этот участок кривой почернения негативного фотоматериала. Затем S негативных фотоматериалов определяется при постоянном, рекомендуемом значении коэффициента контрастности ($\gamma_{рек}$).

Для определения светочувствительности фотобумаги таким критерием не пользуются, так как для построения позитивного изображения используются почти все или все почернения кривой почернений фотобумаги.

Поэтому в качестве критерия светочувствительности фотобумаги выбрана экспозиция, соответствующая средней точке полезного интервала экспозиций ($0,5\,L_g$), т. е. $H_{0,5L_g}$. Светочувствительность же фотобумаги определяют величиной, обратной этой экспозиции, т. е.

$$S = \frac{1}{H_{0,5L_g}}. \qquad (25)$$

Логарифм величины экспозиции $H_{0,5L_g}$ можно выразить через полусумму логарифмов экспозиций H_n и H_m, соответствующих началу и концу полезного интервала экспозиций (рис. 50):

$$\lg H_{0,5L_g} = \frac{1}{2}(\lg H_n + \lg H_m). \qquad (26)$$

Выразим формулу 26 в арифметическом виде:

$$\lg H_{0,5L_g} = \sqrt{H_n \cdot H_m}. \qquad (27)$$

Это новое выражение означает, что экспозиция, соответствующая средней точке полезного интервала экспозиций фотобумаги, есть среднегеометрическое экспозиций, соответствующих его началу и концу.

Подставив значение $H_{0,5L_g}$ из формулы 27 в формулу 25, будем иметь:

$$S = \frac{1}{\sqrt{H_n \cdot H_m}}. \qquad (28)$$

Чтобы светочувствительность не обозначать неудобными дробными числами, в числитель формулы 28 вводят коэффициент 100. В этом случае она принимает вид

$$S = \frac{100}{\sqrt{H_n \cdot H_m}}. \qquad (29)$$

Единица светочувствительности фотобумаги, определенная по формуле 29, называется *единицей ГОИ*.

Наиболее светочувствительны бромосеребряные фотобумаги, хлорбромосеребряные — менее, а хлоросеребряные фотобумаги еще менее светочувствительны.

Светочувствительность фотобумаги обладает двумя особенностями.

Во-первых, она даже у одного сорта фотобумаги не является величиной постоянной, а уменьшается по мере увеличения степени контрастности фотобумаги и тем значительнее, чем больше ее коэффициент контрастности (табл. 17).

Во-вторых, ее светочувствительность увеличивается, если при правильной выдержке в пределах некоторого периода удлинить проявление. Этот период у бромосеребряных фотобумаг продолжается с 2 до 4 *мин*, а у хлоробромосеребряных и хлоросеребряных—с 1,5 до 3 *мин*. Такое расхождение в периодах объясняется тем, что бромосеребряные фотобумаги обладают большей вуалеустойчивостью, чем хлоробромосеребряные и хлоросеребряные. В течение этого периода кривая почернения фотобумаги смещается параллельно самой себе влево, не меняя свою форму (см. рис. 46), отчего светочувствительность фотобумаги увеличивается. На рис. 46 видно, что для 2-минутной кривой почернений логарифм экспозиции $H^2_{0,5Lg}$, соответствующей средней точке ее полезного интервала экспозиции, будет больше логарифма $H^4_{0,5Lg}$ для такой же точки при 4-минутном проявлении. Следовательно, и экспозиция H^2 будет больше экспозиции H^4. Поэтому, согласно формуле 25, $S_4 > S_2$.

Свойством фотобумаги увеличивать светочувствительность часто пользуются на практике, когда при печати допущена небольшая недодержка. В этом случае, увеличивая продолжительность проявления, «дотягивают» изображение до нормальной плотности.

Фотобумаги со светочувствительностью от 3 до 15 единиц ГОИ используются для контактной и проекционной печати. Фотобумаги с более низкой светочувствительностью — только для контактной печати.

Таблица 17

Светочувствительность отечественных фотобумаг

Фирменное название сорта фотобумаги	Номер контрастности	Светочувствительность S	Относительная средняя выдержка
«Унибром»	1, 2, 3	10—17	1
»	4, 5	6—12	1,5
»	6, 7	3—6	2
«Новобром»	2, 3	6—15	1,2
«Самовирирующаяся»	2, 3	6—15	1,2
«Фотобром»	3, 4, 5	5—15	1,2
«Бромпортрет»	2, 3, 4	3—10	1,7
«Фотоконт»	1, 2, 3	Не ниже 2	2
»	4, 5	» » 0,5	10
»	6, 7	» » 0,3	20
«Контабром»	1, 2, 3, 4	» » 0,5	10
«Йодоконт»	1, 2, 3	» » 0,4	15

Для определения светочувствительности фотобумагу экспонируют под тестом ГОИ, установленным на определенном расстоянии от источника света с цветовой температурой $T_c=2850$ °К. В этом случае легко определить величину освещенности поверхности теста и рассчитать количества освещения (экспозиции), полученные первыми различимыми полями в малых и больших почернениях отпечатка теста.

Экспонированная под тестом ГОИ бромосеребряная фотобумага проявляется 2 *мин* в проявителе № 1, а хлоробромосеребряная — 1 *мин* при 20°. Затем ее фиксируют, промывают и сушат. Далее находят, соблюдая условия, описанные выше, номера еще различимых полей оптического клина на отпечатке и находят для них соответствующие экспозиции. Наконец, по формуле 29 определяют величину светочувствительности фотобумаги.

Пример. Первое различимое поле в малых плотностях шкалы отпечатка оптического клина теста ГОИ получило экспозицию, равную 8 *лк·сек*, а последнее различимое поле в ее больших почернениях — экспозицию, равную 41 *лк·сек*. Тогда светочувствительность, согласно формуле 29, составит

$$S=\frac{100}{\sqrt{8\cdot 41}}=6 \text{ единиц ГОИ (округленно).}$$

Величина светочувствительности фотобумаги не влияет на качество позитивного изображения. Она нужна только для определения величины выдержки при печати.

Отечественная промышленность фотобумагу по величине светочувствительности количественно не маркирует.

27. РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ФОТОБУМАГИ

Разрешающая способность фотобумаги выражает свойство ее светочувствительного слоя раздельно передавать мельчайшие детали негативного изображения. Количественно она определяется, как и у негативных фотоматериалов, максимальным числом раздельно передаваемых фотографическим слоем параллельных штрихов миры, приходящихся на один миллиметр.

На величину разрешающей способности фотобумаги оказывают влияние два фактора. Положительный фактор — очень небольшая толщина светочувствительного слоя и малые размеры микрокристаллов галогенида серебра, что уменьшает размытость штрихов на изображении миры из-за небольшого светорассеяния у таких слоев, отчего их разрешающая способность повышается. Отрицательный фактор — наличие ореолов отражения, образованных лучами света, отраженными от баритового подслоя фотобумаги. Они создают дополнительное почернение, уменьшающее разрешающую способность фотобумаги из-за заплывания светлых промежутков между штрихами изображения миры.

Разрешающая способность фотобумаги растет с увеличением номера ее контрастности, т. е. у фотобумаги № 7 она больше, чем у фотобумаги № 1. Затем на ее величину влияет вид поверхности светочувствительного слоя фотобумаги: особоглянцевые сорта имеют более значительную разрешающую способность, чем глянцевые, а последние — бóльшую, чем матовые.

Разрешающая способность фотобумаги зависит от контраста миры, с помощью которой она определяется. Максимальное ее значение дает мира предельного контраста ($K_t=1$). При использовании миры меньшего контраста разрешающая способность фотобумаги очень быстро падает. Поэтому контрастный негатив обеспечивает лучшее воспроизведение на фотоотпечатке мелких деталей изображения, чем малоконтрастный.

Способ и условия печати влияют на передачу мелких деталей негатива на снимке.

Контактная печать дает большее разрешение деталей, чем проекционная, при условии равного масштаба изображения (1 : 1) и печати на одном и том же сорте фотобумаги.

В первом способе печати величина разрешения зависит от степени контакта между негативом и светочувствительным слоем фотобумаги: чем он лучше осуществлен, тем на позитиве выше разрешение деталей негатива.

Во втором — от разрешающей силы объектива фотоувеличителя и точности наводки на резкость: чем выше его разрешающая сила и точнее фокусирование при проекции, тем большее число деталей негатива воспроизведется на позитиве.

Отечественные фотобумаги имеют следующие средние значения разрешающей способности при мире предельного контраста:

Особоглянцевые	от № 1 до № 4—105—125 *лин/мм*.
»	от № 5 до № 7—140 *лин/мм*.
Глянцевые	от № 1 до № 3—80—95 *лин/мм*.
»	от № 6 до № 7—140 *лин/мм*.
Матовые	от № 2 до № 3—85 *лин/мм*.

Эти данные показывают, что разрешающая способность у особоглянцевых и глянцевых фотобумаг несколько выше, а у матовых — ниже, чем у негативных фотопленок. Ее величина даже у особоглянцевых сортов не является достаточной для передачи на фотоотпечатке всех мелких деталей негативного изображения. Это видно из следующих примеров.

Отпечатаем миру на фотопленке «Микрат». Предположим, что ее изображение на резольвограмме имеет разрешение 220 *лин/мм*. Напечатаем ее на особоглянцевой фотобумаге «Унибром» № 5 и определим величину разрешения копии резольвограммы на фотоотпечатке. Окажется, что оно равно примерно 80 *лин/мм*. Следовательно, при печати произойдет резкое уменьшение числа разрешенных линий, имеющихся на негативном изображении.

Получим теперь резольвограмму на пленке «Фото-65» с разрешающей способностью 92 *лин/мм*. Отпечатаем ее на том же сорте фотобумаги и определим величину разрешения на копии, которая будет примерно равна уже 65 *лин/мм*.

Из этих примеров также видно, что, чем ниже разрешающая способность негативного фотоматериала, тем меньше деталей негативного изображения будет потеряно при печати.

Для того чтобы сохранить на фотоотпечатке степень разрешения негативного изображения, надо резко уве-

личить разрешающую способность фотобумаги, что пока недостижимо.

Разрешающая способность фотобумаги также зависит от спектрального состава света, используемого при экспонировании миры или негатива. Этот вопрос рассматривается в следующем параграфе.

28. ВЛИЯНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТА НА ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФОТОБУМАГИ

Все перечисленные в предыдущих параграфах фотографические показатели фотобумаги были получены при освещении оптического клина и миры искусственным источником света с цветовой температурой 2850° К. Цветовую температуру при испытаниях фотобумаги приходится регламентировать потому, что спектральный состав света влияет на ее фотографические показатели: коэффициент контрастности, разрешающую способность и светочувствительность.

Коэффициент контрастности фотобумаги уменьшается, если при ее экспонировании оптический клин освещать только коротковолновыми лучами. Его значение будет наименьшим, когда на фотобумагу действуют одни фиолетовые лучи, которые наиболее сильно поглощаются микрокристаллами галогенида серебра, отчего почернение образуется только на поверхности светочувствительного слоя фотобумаги. Это свойство фотобумаги иногда используют на практике, когда для улучшения позитивного изображения негатив тонируют в голубовато-синий цвет.

Повышение напряжения тока в сети выше нормы увеличивает в излучаемом электролампой световом потоке процентное содержание коротковолновых лучей спектра, что несколько уменьшает величину коэффициента контрастности.

Разрешающая способность фотобумаги несколько увеличивается, если при ее испытании миру освещать сине-фиолетовыми лучами. Такое освещение негатива также дает на фотоотпечатке более деталированное изображение по сравнению с изображением, полученным обычным светом.

Улучшение разрешения объясняется тем, что лучи света с короткой длиной волны сильно поглощаются желатиной светочувствительного слоя фотобумаги, отчего их диффузное рассеяние уменьшается. Это и повышает

четкость контуров изображения, в частности штрихов миры на фотоотпечатке.

Светочувствительность фотобумаги увеличивается при ее освещении коротковолновым светом.

В обычной фотографической практике для печати используют осветительные электролампы, излучение которых при нормальном напряжении тока в сети имеет цветовую температуру 2700—3000°К. Такая разница цветовой температуры источника света существенно не изменяет фотографические показатели фотобумаги, и ее можно не учитывать в процессе печати. Однако повышение или понижение напряжения тока в сети на несколько вольт более значительно изменяет спектральный состав излучения. В первом случае актиничность света увеличивается, во втором — уменьшается. Соответственно с повышением напряжения тока в сети светочувствительность фотобумаги увеличивается, а при его понижении — уменьшается.

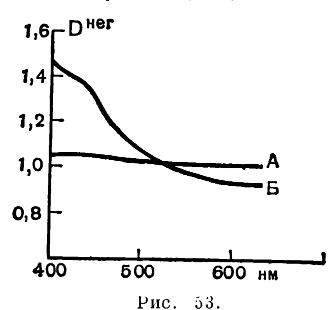


Рис. 53.
Влияние цвета негатива на оптическую плотность его почернений

Все сказанное справедливо, когда негатив, используемый для печати, имеет нейтрально-серый цвет. При проявлении фотоматериала в наиболее часто употребляемых проявителях почернения негатива обычно *неселективны*, т. е. свет, проходя через негатив, не меняет свой спектральный состав. Только некоторые из проявителей, например парафенилендиаминовые, пирогаллоловые, ДК-20, СИЗ-111 и др., образуют негативное изображение, имеющее желтовато-коричневый цвет.

Окраска эмульсионного слоя негатива вызывается тем, что парафенилендиаминовый проявитель и ДК-20 дают при проявлении очень мелкие зерна металлического серебра, а пирогаллоловые проявители и проявители без щелочи окрашивают желатину проявленного слоя продуктами окисления проявляющего вещества, имеющими коричневый цвет.

Спектральные кривые окрашенного и неокрашенного эмульсионного слоя негатива приведены на рис. 53. Как видно из кривых, окрашенный негатив (*Б*) имеет бо́льшую оптическую плотность почернений по сравнению с неокрашенным негативом (*А*), если измерение их оптических

плотностей производить в диапазоне длин волн от 400 до 500 *нм*. Иными словами, окрашенный негатив менее прозрачен для фиолетовых, синих и голубых лучей, к которым наиболее чувствительна фотобумага. Это означает, что одно и то же количество освещения, даваемое сине-фиолетовыми лучами (400—430 *нм*), вызовет на фотобумаге под неокрашенным негативом большее почернение, чем под окрашенным. Таким образом, для получения определенной величины почернения на фотобумаге в первом случае потребуется более длительная выдержка, чем во втором.

Влияние спектрального состава света на фотографические показатели фотобумаги используют на практике для улучшения качества фотоотпечатка, о чем уже было сказано ниже.

29. ФОТОБУМАГИ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Бромосеребряные фотобумаги. Наиболее распространенный сорт фотографических бумаг. Они имеют наиболее высокую светочувствительность по сравнению с другими сортами фотобумаг, поэтому используются не только для контактной, но и для проекционной печати. Светочувствительность у бромосеребряных фотобумаг уменьшается с увеличением контрастности, причем неравномерно: с первого номера контрастности по пятый — незначительно, у шестого и седьмого номеров она существенно ниже, чем у первых пяти номеров контрастности.

Бромосеребряные фотобумаги обладают вуалеустойчивостью, одни сорта большей, другие меньшей, что позволяет их проявлять при п р а в и л ь н о й в ы д е р ж к е несколько дольше, чем указано в рецепте без образования вуали. Такой особенностью бромосеребряных фотобумаг пользуются, когда одновременно проявляют большое количество листов фотобумаги, так как при массовой работе некоторые листы всегда находятся в проявителе дольше, чем предусмотрено рецептом.

Изображение на отечественных бромосеребряных фотобумагах имеет серый и серо-черный цвет. Его трудно изменять, варьируя продолжительность выдержки, концентрацию проявителя и время проявления. Фотоотпечатки на бромосеребряных фотобумагах хорошо вирируются, особенно в сепию.

Бромосеребряные фотобумаги «Новобром», «Унибром» и «Фотобром» являются универсальными и могут исполь-

зоваться для самых разнообразных художественных и технических целей.

«Унибром». Выпускается семи степеней контрастности: от мягкой № 1 до особоконтрастной № 7. По поверхности: особоглянцевая, глянцевая, полуматовая, матовая, бархатистая и тисненая. По толщине фотоподложки: тонкая (№ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) и картонной плотности (№ 1, 2, 3, 4, 5). По цвету: белая и кремовая (палевая).

Обработку «Униброма» производят при желто-зеленом или оранжевом освещении лаборатории.

Большая максимальная оптическая плотность особоглянцевых фотобумаг «Унибром» позволяет получать сочные отпечатки с глубокими, хорошо деталированными тенями. При печати они допускают незначительное отклонение от оптимальной выдержки без ухудшения качества изображения. Матовые и полуматовые сорта этой фотобумаги дают менее насыщенное изображение, и экспонировать их надо более точно.

Нормальная продолжительность проявления в проявителе № 1, приведенном в табл. 4,—2 *мин* при температуре раствора 20°. Очень высокая вуалеустойчивость «Унибром» позволяет удлинять проявление обычно до 4 *мин*, а для некоторых номеров эмульсии — до 10 *мин* без роста вуали, но когда выдержка была правильной. Однако к длительному проявлению без нужды прибегать не следует. Переэкспонированная фотобумага вуалирует очень быстро.

Сохраняемость «Унибром» 20 месяцев.

«Новобром». Выпускается только нормальной контрастности № 2 и № 3. По поверхности: особоглянцевая, глянцевая, матовая, бархатистая и тисненая. По толщине фотоподложки: тонкая и картонной плотности. По цвету: белая и кремовая.

Фотобумага «Новобром» имеет несколько большую максимальную оптическую плотность почернения по сравнению с «Унибром». Ее фотографические свойства допускают 1,5—2-кратную недодержку при печати, компенсируемую продолжительностью проявления. В остальном ее фотографические показатели и область применения те же, что и у фотобумаги «Унибром».

«Фотобром». Выпускается трех степеней контрастности: нормальная № 3, контрастная № 4 и № 5. По поверхности: № 3 и № 4 — глянцевая, полуматовая, бархатистая и тисненая, а № 5 — глянцевая, полуматовая и матовая. По толщине фотоподложки: тонкая и картонной плотности. По цвету — только белая.

Обрабатывать «Фотобром» надо при желто-зеленом или оранжевом освещении фотолаборатории.

Несколько бо́льшая величина максимальной оптической плотности почернения у этой фотобумаги по сравнению с «Унибром» позволяет получать насыщенные, хорошо деталированные тени у изображения не только на особоглянцевых и глянцевых фотобумагах, но и на матовых и полуматовых. Глянцевые сорта фотобумаг имеют блестящую поверхность.

Продолжительность проявления в проявителе № 1 полторы минуты. Если это время проявления по каким-либо причинам выдержать нельзя, то нормально экспонированную фотобумагу можно обрабатывать до 3 *мин* без роста вуали. Переэкспонированная фотобумага очень быстро вуалирует.

Светочувствительный слой «Фотобром» обладает большой кроющей способностью и содержит меньше галогенида серебра, чем «Унибром», поэтому при обработке этих фотобумаг проявитель истощается меньше, чем при проявлении «Унибром».

Сохраняемость «Фотобром» 20 месяцев.

«Самовирирующаяся». Выпускается только нормальной контрастности — № 2 и № 3 с глянцевой поверхностью. По цвету: синяя, зеленая и сепия. Ее светочувствительный слой кроме бромистого серебра содержит цветные компоненты, которые при проявлении образуют ряд красителей, окрашивающих изображение в цвета: сепия, синий и зеленый.

Для этой цели используется специальный проявитель, содержащий в качестве проявляющего вещества этилоксиэтилпарафенилендиаминсульфат (рецепт см. в § 57). Продукты его окисления, вступая во взаимодействие с цветными компонентами, дают пурпурный, желтый и голубой красители, которые адсорбируются на зернах восстановленного серебра. Комбинация пурпурного, желтого и голубого красителей окрашивает изображение в цвет сепии, голубого и пурпурного — в синий цвет, а желтого и голубого — в зеленый цвет.

Эти фотобумаги требуют точной выдержки. Особенно недопустима передержка, так как она вызовет цветную вуаль на фотоотпечатке.

Сохраняемость фотобумаги 12 месяцев.

Хлоробромосеребряные фотобумаги. Этот сорт фотобумаг в основном используется в художественной фотографии. Фотоотпечатки на ней, обработанные в проявите-

лях обычного состава, например в метолгидрохиноновом № 1, имеют темно-серый цвет, а проявление в проявителе специального состава (рецепт см. в § 57) — коричневый цвет разных оттенков. Оттенок цвета зависит от величины выдержки при печати, степени разбавления проявителя водой и температуры раствора.

Вуалеустойчивость хлоросеребряных фотобумаг меньше, чем бромосеребряных, поэтому время их проявления не должно превышать 3 *мин* при нормальной выдержке. Переэкспонированная фотобумага вуалирует очень быстро, почти с самого начала проявления.

Если приходится проявлять много фотоотпечатков на этой фотобумаге, то рекомендуется одновременно обрабатывать небольшое число листов — иначе на фотоотпечатках, последних из партии, почти всегда образуется вуаль. Также надо учитывать, что хлоробромосеребряные фотобумаги склонны давать при проявлении желтую вуаль, особенно если проявление протекает медленно из-за низкой температуры раствора.

Светочувствительный слой хлоробромосеребряных фотобумаг состоит из мельчайших микрокристаллов галогенида серебра, что обеспечивает получение очень хорошо деталированного изображения. Фотобумаги этого типа плохо вирируются в тон сепии.

Хлоробромосеребряными фотобумагами являются: «Бромпортрет» и «Контабром».

«*Бромпортрет*». Выпускается трех номеров контрастности: нормальная № 2 и № 3 и контрастная № 4. По виду поверхности: глянцевая, полуматовая, матовая, бархатистая и тисненая. По толщине фотоподложки: тонкая и картонной плотности. По цвету: белая и кремовая.

Обрабатывать «Бромпортрет» надо при желто-зеленом или оранжевом освещении фотолаборатории.

Нормальное время ее проявления в проявителе № 1 — полторы минуты при температуре 20°. При проявлении свыше 3 *мин* может образоваться вуаль. Когда в используемом проявителе концентрация бромистого калия 1,5 *г* и выше на 1 *л*, то вуалеустойчивость фотобумаги увеличивается.

В зависимости от вида проявителя, на «Бромпортрет» можно получить изображения различных цветовых оттенков: в метолгидрохиноновых проявителях фотоотпечатки имеют тепло-черный тон, в гидрохиноновых проявителях — от тепло-черного до светло-коричневого. Чем больше разбавлен водой гидрохиноновый проявитель и

чем длительнее выдержка, тем более светлый тон имеет фотоотпечаток (рецепт см. в § 57).

Сохраняемость фотобумаги «Бромпортрет» 12 месяцев.

«*Контабром*». Выпускается трех номеров контрастности: нормальная № 2 и № 3, контрастная № 4. По виду поверхности: особоглянцевая и тисненая. По толщине фотоподложки: тонкая и картонной плотности, причем фотобумага № 4 изготовляется только на картоне. По цвету: белая и кремовая.

Низкая светочувствительность фотобумаги позволяет ее обрабатывать кроме желто-зеленого освещения фотолаборатории еще и при оранжевом и желто-оранжевом ее освещении.

Нормальная продолжительность проявления в проявителе № 1 от 1,5 до 2 *мин* при 20°. В этом проявителе изображение получается черно-коричневым. В гидрохиноновом проявителе (рецепт см. в § 57) изображению можно придавать тона от тепло-коричневого до красновато-коричневого. Вуалеустойчивость у «Контабром» небольшая, из-за чего продолжительность проявления необходимо выдерживать точно. В проявителях, содержащих бромистый калий более 1,5 *г* на 1 *л*, фотобумага вуалирует медленнее. «Контабром» очень чувствителен к различным загрязнениям проявителя.

Микрокристаллы светочувствительного слоя «Контабром» весьма малы, поэтому на этой фотобумаге хорошо воспроизводятся мельчайшие детали негатива.

Значительный полезный интервал экспозиций у «Контабром» позволяет получать удовлетворительные отпечатки с негативов с большим интервалом плотностей.

Сохраняемость фотобумаги «Контабром» 12 месяцев.

Хлоросеребряные фотобумаги. Хлоросеребряные фотобумаги используют в художественной и технической фотографии. Они изготовляются двух сортов: с проявлением и с видимым печатанием. Последний сорт сейчас мало распространен.

Хлоросеребряные фотобумаги с проявлением обладают большой кроющей способностью, что позволяет получать на фотоотпечатке независимо от вида поверхности фотобумаги глубокие черные тона. На глянцевых сортах хорошо передаются мельчайшие детали негативного изображения, особенно в света́х. Это свойство фотобумаг особенно ценно для технических снимков, где часто требуется точно воспроизводить мельчайшие детали объекта, например при печати микрофотографий.

Вуалеустойчивость хлоросеребряных фотобумаг с проявлением небольшая, поэтому их не рекомендуется проявлять дольше, чем указано в рецепте. На них также легко образуется желтая вуаль, особенно в истощенном или загрязненном проявителе и фиксаже.

Фотоотпечатки на хлоросеребряных фотобумагах хорошо вирируются в различные цвета, кроме тона сепия, в который окрашивать их не рекомендуется из-за некрасивого рыжего оттенка изображения.

К этому виду отечественных фотобумаг относятся «Фотоконт» и «Аристотипная».

«*Фотоконт*». Выпускается шести номеров контрастности: от нормальной № 2 до особоконтрастной № 7. По поверхности: особоглянцевая и тисненая. По толщине фотоподложки: тонкая и картонной плотности.

Фотобумага на тисненой фотоподложке вырабатывается исключительно картонной плотности. По цвету: только белая.

Обработку «Фотоконт» ведут при желто-зеленом или ярком оранжевом освещении фотолаборатории.

Фотоотпечатки на этой фотобумаге отличаются очень большой четкостью, повышенным глянцем, чистотой светов, глубиной теней и наличием у изображения мельчайших деталей. Матовые фотобумаги также дают глубокие черные тени и чистые белые светá.

Светочувствительность фотобумаги незначительная и сильно уменьшается с повышением степени контрастности, поэтому она используется преимущественно для контактной печати. Только с малоплотных негативов можно делать увеличения небольшого масштаба.

Продолжительность проявления 1—1,5 *мин*. «Фотоконт» недостаточно вуалеустойчива, поэтому не рекомендуется вести проявление дольше, чем указано в рецепте. В загрязненном или истощенном проявителе и особенно в фиксаже она склонна давать желтую вуаль.

Сохраняемость фотобумаги «Фотоконт» 12 месяцев.

«*Аристотипная*». Выпускается по степени контрастности только мягкой № 1 на глянцевой фотоподложке белого цвета, тонкой и картонной плотности. Это фотобумага с видимым печатанием и имеет крайне низкую светочувствительность. Поэтому ее используют только для контактной печати на прямом солнечном свету. По этой причине ее максимальный формат 13×18 *см*.

При экспонировании на ней образуется видимое изображение. Когда оно достигнет достаточной плотности, отпе-

чаток обрабатывается в вираж-фиксаже — растворе, одновременно закрепляющем и окрашивающем изображение в коричневый цвет различных оттенков (см. § 68).

Очень большой полезный интервал экспозиций и чрезвычайная мелкозернистость светочувствительного слоя позволяют получать на «Аристотипной» фотобумаге изображения, хорошо деталированные, со значительной градационной шкалой с негативов, у которых интервал оптических плотностей весьма различен. Такая универсальность свойств этой фотобумаги позволяет выпускать ее только одной степени контрастности.

«Аристотипная» фотобумага плохо сохраняется — гарантийный срок ее годности 6 месяцев. Старение бумаги выражается в появлении желтизны сначала на краях, затем по всей поверхности листа. Пожелтевшая фотобумага дает сильную вуаль. Выпускается мелкими партиями.

Йодобромохлоросеребряные фотобумаги. Отличительная особенность таких фотобумаг — большое содержание в светочувствительном слое йодистого серебра, что и является причиной окрашивания изображения во время проявления в зеленоватые цвета различных оттенков. Цветовая тональность изображения зависит от величины выдержки, температуры и времени проявления.

Йодобромохлоросеребряная фотобумага имеет небольшую светочувствительность, поэтому ее используют только для контактной печати.

Отечественная промышленность выпускает один сорт этого типа фотобумаги — «Йодоконт».

«*Йодоконт*». Вырабатывается трех степеней контрастности: мягкая № 1 и нормальная № 2 и № 3. По поверхности: глянцевая, полуматовая, матовая и тисненая. По толщине фотоподложки: тонкая и картонной плотности. По цвету: только белая.

«Йодоконт» обрабатывают при желто-зеленом или желто-оранжевом освещении фотолаборатории.

У фотобумаги «Йодоконт» относительно большой полезный интервал экспозиций, поэтому на ней можно печатать негативы со значительным интервалом плотностей. Изображение на ней обычно хорошо деталировано.

Нормальная продолжительность проявления в проявителе № 1 — около 2 *мин*. «Йодоконт» имеет пониженную вуалеустойчивость, поэтому проявлять ее при правильной выдержке более 3 *мин* не следует, иначе на фотоотпечатке образуется желтая вуаль. Она может возникнуть и в том

случае, когда фотоотпечатки фиксируются в обычном или истощенном закрепителе. По этой причине их рекомендуется закреплять только в кислом фиксаже. Надо заметить, что в истощенном проявителе нельзя получить чистые зеленые цвета, поэтому проявление лучше всего вести в свежем растворе.

Сохраняемость «Йодоконт» 12 месяцев.

30. ФОТОБУМАГИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Фотобумаги специального назначения предназначаются для различных технических целей. Их применение в настоящей книге не излагается, поэтому фотографические свойства этих фотобумаг описаны кратко. По роду применения фотобумаги специального назначения, как уже указывалось, делятся на две группы: регистрирующие и репродукционные.

Фотобумаги регистрирующие. Они используются для записи различных колебательных процессов. Для этих целей отечественная промышленность выпускает *осциллографную*, *сейсмографную*, *фототелеграфную* и *электрокардиографную фотобумаги*. Они являются бромосеребряными, высокочувствительными фотобумагами, сенсибилизированными к желто-зеленой области спектра. Сенсибилизация производится для повышения светочувствительности.

Регистрирующие фотобумаги имеют полуматовую или глянцевую поверхность и вырабатываются в виде рулонов разной ширины и длины, с перфорацией и без нее.

Обрабатывают их при темно-красном освещении фотолаборатории.

Гарантийный срок хранения 12 месяцев.

Репродукционные и документные фотобумаги. Они используются для получения копий с полутоновых и штриховых оригиналов — рисунков, чертежей и текста. Отечественная промышленность выпускает следующие сорта таких фотобумаг: рефлексная, документная, картографическая со съемным слоем, фотостатная, «Технокопир» и фотобумага с обращением (реверсивная).

Фотобумага рефлексная «Фотокопир». Предназначается для копирования различных оригиналов без фотоаппарата, для чего она приводится в контакт с репродуцируемым оригиналом. «Фотокопир» имеет малую светочувствительность и высокий контраст. Поскольку экспонирование во время печати производится через фотопод-

ложку рефлексной фотобумаги, то для ее изготовления используется тонкая бумажная основа, имеющая большую равномерность по толщине. Баритовый подслой на подложку не наносится, так как это удлинило бы выдержку при печати.

Рисунки или текст, копируемый на рефлексной фотобумаге, получаются белыми на темном фоне и зеркально обращенными, т. е. копия представляет собой негативное изображение на бумаге. Чтобы получить фотоотпечаток с черным прямым рисунком или текстом на белом фоне, бумажный негатив печатают на такой же рефлексной фотобумаге.

«Фотокопир» обрабатывают при ярком оранжевом освещении фотолаборатории. Продолжительность проявления в проявителе № 1 около 1,5 *мин.*

Рефлексная фотобумага выпускается форматной от 9×12 до 24×30 *см* и в рулонах.

Фотобумага документная. Представляет собой высокочувствительную бромосеребряную тонкую фотобумагу с коэффициентом контрастности, равным двум. Ее светочувствительный слой состоит из мелкозернистой эмульсии, нанесенной на фотоподложку без баритового подслоя. Эта фотобумага используется для размножения технической документации, в основном чертежей, выполненных на ватмане. Предварительно оригинал, подлежащий размножению, репродуцируют на крупноформатную фотопленку или фотопластинку (от 13×18 *см*), так как малоформатный негатив не обеспечивает получение на отпечатке тонких линий, имеющихся на чертеже.

Обработка документной фотобумаги производится при ярко-красном освещении фотолаборатории. Продолжительность проявления в проявителе № 1—2 *мин.* Эта фотобумага выпускается форматом 45×50 *см.*

Фотостатная фотобумага. Представляет собой бромосеребряную фотобумагу и выпускается двух сортов: негативная и позитивная.

Негативная фотостатная фотобумага изготовляется на тонкой небаритованной фотоподложке. Ее светочувствительный слой имеет ортохроматическую сенсибилизацию и повышенную чувствительность, поэтому ее зарядку в аппарат для репродуцирования, так называемый фотостат, и обработку производят при темно-красном освещении фотолаборатории. Объектив фотостата имеет оборачивающую призму, поэтому при съемке и последующей обработке на фотобумаге об-

разуется прямое негативное изображение, т. е. текст и чертеж получаются белыми на темном фоне. С оборачивающей призмой репродуцируют, когда необходимо получить только 1—2 копии.

Позитивная фотостатная фотобумага с матовой или глянцевой поверхностью изготовляется на тонкой баритованной или небаритованной фотоподложке. Ее светочувствительность значительно ниже, чем у негативной фотостатной фотобумаги. Она предназначается для контактного размножения репродукций оригиналов, полученных на негативной фотостатной фотобумаге. В этом случае съемку на негативную фотостатную фотобумагу производят объективом без оборачивающей призмы, т. е. получают обращенное негативное изображение.

Фотостатная фотобумага выпускается только в рулонах.

Проявляют оба сорта фотобумаг в обычном позитивном проявителе № 1.

Реверсивная фотобумага. Используется для получения прямой позитивной копии в одном экземпляре, минуя негативный процесс.

Реверсивная фотобумага изготовляется на фотоподложке с повышенной механической прочностью и малой набухаемостью в растворах. Для придания этих свойств на фотоподложку наносят водостойкие лаки.

Выпускается только в рулонах шириной 21 *см* и длиной 100 *м* двух сортов: нормальная с коэффициентом контрастности, равным 1,2, и контрастная с $\gamma=1{,}5$. Светочувствительность обоих сортов не ниже 100 ед. ГОИ.

Репродуцирование производят на специальных аппаратах, объектив которых снабжен оборачивающей призмой. Обычно репродукционный аппарат бывает соединен с проявочно-сушильной машиной, что позволяет механизировать процесс получения копий с документов. Обработку фотобумаги производят в растворах для обращения.

Картографическая фотобумага со съемным слоем. Представляет собой бромосеребряную фотобумагу нормальной контрастности с непрозрачным и прозрачным съемным сильно задубленным эмульсионным слоем. Первый сорт выпускается с глянцевой поверхностью, второй — с полуматовой. Светочувствительность обоих сортов—2—4 ед. ГОИ. Эта фотобумага используется в картографии и при фотомонтаже.

Во время обработки картографической фотобумаги, которую производят в обычных растворах, эмульсионный

слой с напечатанной шкалой или надписью отделяется от подложки. Он очень тонок, поэтому надпись или шкала, будучи наклеенной на карту, почти неотличима от бумаги, на которой она изготовлена.

«*Технокопир*». Представляет собой комплект, состоящий из негативной и позитивной бумаг, взаимодействие которых основано на диффузном процессе (см. «Введение»). Предназначается для быстрого получения копий с печатных изданий, рукописей и чертежей.

Негативная фотобумага «Технокопир» имеет незначительную светочувствительность (0,1—0,15 ед. ГОИ) и высокий коэффициент контрастности (около 2,5). Экспонирование документов производят контактом на специальном станке при искусственном или естественном освещении помещения, слегка затененного обычными шторами.

Позитивная бумага несветочувствительна. В ее состав входят: проявляющее вещество, тиосульфат натрия и мельчайшие частицы металлического или сернистого серебра.

Экспонированная негативная фотобумага приводится в тесный контакт с позитивной бумагой, для чего они складываются слой к слою и протягиваются в течение 1—1,5 *мин* между резиновыми валиками специального проявочного станка.

Проявление ведется в проявителе:

Сульфит натрия безводный	50 *г*
Гидросульфит натрия	14 *г*
Метол	10 *г*
Гидрохинон	6 *г*
Калий бромистый	5 *г*
Натр едкий	18 *г*
Лимонная кислота	1,6 *г*
Вода	до 1 *л*

В этом растворе негативная фотобумага проявляется за несколько секунд. Одновременно неэкспонированные при печати галогениды серебра негативной фотобумаги растворяются тиосульфатом натрия, находящимся в позитивной бумаге, и диффундируют из негативного слоя в позитивную бумагу. В ней растворенные галогениды серебра восстанавливаются находящимся в слое проявляющим веществом в металлическое серебро, которое осаждается около центров конденсации, представлющих собой

мельчайшие частицы металлического или сернокислого серебра. В результате такого восстановления образуется позитивное изображение.

После окончания процесса негативная и позитивная бумаги отделяются одна от другой. Негативная фотобумага вторично не используется. Таким образом, этот процесс позволяет очень быстро получать в одном экземпляре копии документов.

31. ФОТОБУМАГА С РЕГУЛИРУЕМОЙ СТЕПЕНЬЮ КОНТРАСТНОСТИ

Фотографическая бумага с регулируемой контрастностью представляет собой светочувствительный материал, позволяющий получать фотоотпечатки нормального качества с негативов с различным интервалом оптических плотностей. Таким образом, подобные фотобумаги являются в известной степени универсальным фотоматериалом.

Изменение степени контрастности фотобумаги осуществляется применением при печати различно окрашенных светофильтров, которые помещают между негативом и источником света. Такое свойство фотобумаги обусловлено тем, что ее светочувствительный слой состоит из смеси двух фотографических эмульсий: малоконтрастной и контрастной. Одна эмульсия сенсибилизирована красителем, который необратимо адсорбирован на микрокристаллах галогенида серебра, другая — не сенсибилизирована. У некоторых типов таких фотобумаг сенсибилизируют красителями обе фотографические эмульсии.

В набор светофильтров, прилагаемых к фотобумагам с регулируемой степенью контрастности, входят светофильтры: синий, пурпурный, желто-оранжевый и желтый.

При печати негатив освещают через один из этих светофильтров, отчего изменяется спектральный состав света, действующего на светочувствительный слой фотобумаги. Например, экспонирование производят через желтый светофильтр, поглощающий, как известно, коротковолновую часть спектра (сине-голубые лучи). В этом случае на микрокристаллы несенсибилизированной эмульсии свет действовать не будет, а на сенсибилизированные микрокристаллы подействует и вызовет образование скрытого изображения. Если сенсибилизированная эмульсия по контрастности «мягкая», то под желтым светофильтром можно

печатать негатив с большим интервалом оптических плотностей. Когда негатив имеет небольшой интервал оптических плотностей, требуется фотобумага с большой степенью контрастности. Тогда печать надо производить, используя контрастный компонент светочувствительного слоя. Это можно сделать, печатая через синий светофильтр, поглощающий желтые лучи света, испускаемые источником света копировального аппарата. В этом случае скрытое изображение возникает только у несенсибилизированных микрокристаллов галогенида серебра. И в процессе проявления позитивное изображение будет построено только серебром этих микрокристаллов. Микрокристаллы сенсибилизированные будут удалены при фиксировании.

Надо заметить, что широкого распространения подобные фотобумаги не получили, так как на них можно печатать негативы, интервалы оптических плотностей которых незначительно отличаются друг от друга. Отечественная промышленность такую фотобумагу пока не выпускает.

Изложено влияние величины выдержки на позитивное изображение; рассмотрены основные условия правильного воспроизведения тонов в негативно-позитивном процессе и установлены правила подбора фотобумаги к негативу. Усвоение этих вопросов, несмотря на некоторую их трудность, облегчит получение при данных параметрах негатива фотоотпечатка, наилучшего из возможных. Все описанные закономерности равнозначны как для контактной, так и для проекционной печати.

5. ОСНОВЫ ПОЗИТИВНОГО ПРОЦЕССА

32. ВЫДЕРЖКА ПРИ ПЕЧАТИ

Фотографическая печать разделяется на контактную и проекционную. В первом способе печати в копировальном станке фотобумага приводится в тесное соприкосновение (контакт) с эмульсионным слоем негатива, во втором — негативное изображение посредством объектива фотоувеличителя проецируется на фотобумагу. Каждый способ имеет свои технологические особенности, описываемые в последующих главах. Общим же является процесс экспонирования, или выдержка, в результате которой светочувствительный слой фотобумаги получит одновременно разные экспозиции. Причиной этого является неравномерное ослабление светового потока, излучаемого источником света копировального станка или фотоувеличителя, при его прохождении через участки негатива с различной оптической плотностью.

Число экспозиций зависит от числа почернений негатива с различной оптической плотностью; например, негатив с репродукцией чертежа имеет только два тона: прозрачный штрих и плотный фон, а негатив с летним сюжетом — десятки тонов. При одной и той же выдержке фотобумага под первым негативом получит две экспозиции, а под вторым — десятки экспозиций. Рассмотрим сначала вопросы, связанные с выдержкой при печати.

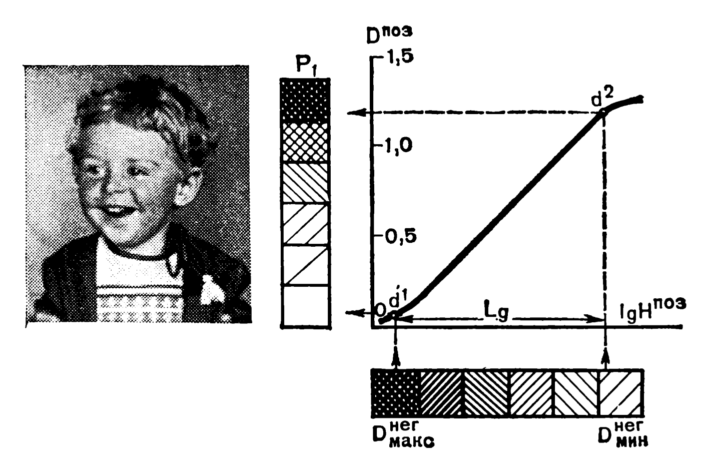


Рис. 54.
Фотоотпечаток получен при нормальной выдержке. Для построения изображения использованы почернения всей кривой почернений фотобумаги

Влияние величины выдержки на качество позитивного изображения. На рис. 54—56 представлены три типичных случая, поясняющих значение выдержки при печати на основе сенситометрических представлений. Рассматривая рис. 54, мы видим, что под максимальной оптической плотностью почернения негатива, обозначенной $D^{\text{нег}}_{\text{макс}}$, на позитиве получилось минимальное почернение, оптическая плотность которого равна 0,02 (точка d^1— на кривой почернений позитивного фотоматериала). Под минимальной оптической плотностью почернений негатива, $D^{\text{нег}}_{\text{мин}}$, на позитиве получилось максимальное почернение, равное $D^{\text{поз}}_{\text{макс}}$— 0,1 (точка d^2— на кривой почернений). Остальные почернения негатива дали на позитиве промежуточные почернения.

Рассмотренный случай соответствует *правильной выдержке при печати*: светочувствительный слой получил

ряд экспозиций (в данном примере — шесть), укладывающихся в полезный интервал экспозиций. Фотоотпечаток будет хорошим, так как для построения изображения использован весь интервал полезных оптических плотностей кривой почернений фотобумаги.

Увеличим выдержку по сравнению с предыдущей, например в четыре раза, что приведет к увеличению почернений всех участков позитива. На приведенной схеме

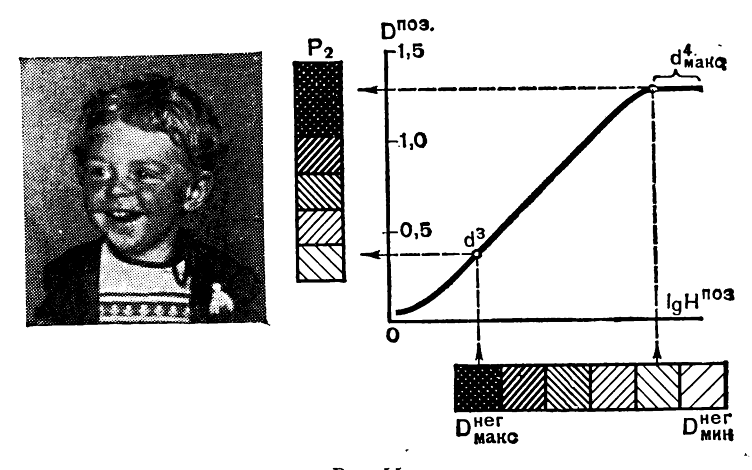


Рис. 55.
Фотоотпечаток получен при передержке. Для построения изображения использованы почернения верхней части кривой почернений фотобумаги

(рис. 55) это выразится перемещением оптических плотностей почернений позитива вверх по кривой почернений в сторону больших плотностей. Из-за возрастания экспозиций при печати на позитиве под $D^{\text{нег}}_{\text{макс}}$ получится значительное почернение (точка d^3), а под $D^{\text{нег}}_{\text{мин}}$ и соседним с ним полем шкалы — максимальное почернение (отрезок d^4), т. е. эти два разных почернения негатива передадутся на позитиве одним тоном.

Описанный случай — *передержка при печати*, результат которой — слишком темный, без светлых мест, малоконтрастный фотоотпечаток.

Произведем теперь печать с выдержкой, которая короче первой в четыре раза. В этом случае на фотобумагу будут действовать меньшие экспозиции, чем при первом экспонировании, что вызовет уменьшение почернений всех участков позитива. Графически это на рис. 56 пока-

зано перемещением оптических плотностей почернений позитива вниз по кривой почернений в область малых плотностей. При этом ряд плотностей негатива (на схеме — два поля) «не пропечатаются», так как экспозиции, поступавшие на фотобумагу через $D_{\text{макс}}^{\text{нег}}$ и соседнее с ними поле, настолько малы, что не вызовут после проявления на фотоотпечатке заметных для глаза почернений.

Данный случай — *недодержки при печати*, результат которой — слишком светлое, без ряда деталей изображе-

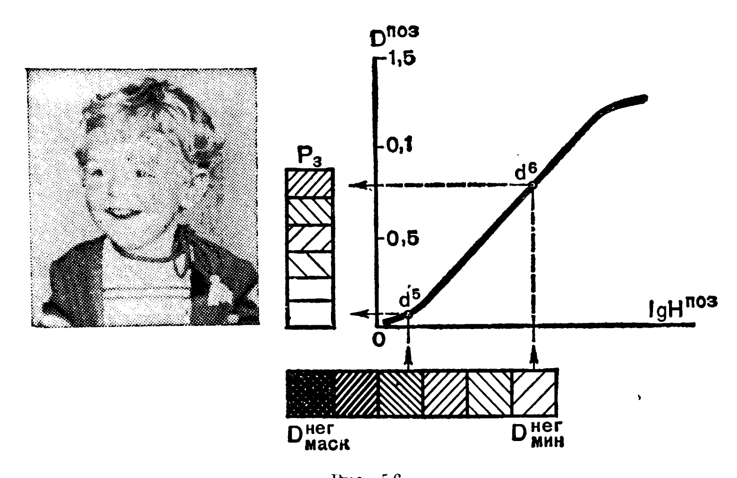


Рис. 56.
Фотоотпечаток получен при недодержке. Для построения изображения использованы почернения нижней части кривой почернений фотобумаги

ние, построенное почернениями участка $d^5 — d^6$ кривой почернений фотобумаги.

Допустимые отклонения выдержки при печати. Выдержка будет правильной, если за время проявления, указанное в используемом рецепте, оптическая плотность почернений фотобумаги достигнет максимального значения, а ее кривая почернений примет устойчивую форму (см. рис. 46). Это время равняется 2 *мин* для бромосеребряных фотобумаг и 1 *мин* для хлоробромосеребряных и хлоросеребряных фотобумаг при их обработке в проявителе, рекомендованном фабриками фотобумаг.

В этом случае полезный интервал плотностей фотобумаги и ее полезный интервал экспозиций достигают максимального значения, а светочувствительность — величины, нормированной техническими условиями. При

правильной выдержке, как уже указывалось, продолжительность проявления можно несколько удлинить против рекомендованного рецептом, что повысит светочувствительность фотобумаги и незначительно увеличит плотность изображения без образования вуали.

Если за время проявления, указанное в рецепте, изображение на фотоотпечатке получилось небольшой плотности, то выдержка была недостаточной; если очень плотным, то фотобумага была переэкспонирована. В первом случае при повторной печати выдержку надо увеличить, а во втором — уменьшить.

Точность определения выдержки при фотографической печати находится в зависимости равенства или неравенства полезного интервала экспозиций фотобумаги (L_g) интервалу плотностей негатива ($\Delta D^{\text{нег}}$).

Если L_g равно $\Delta D^{\text{нег}}$, то теоретически только одно значение выдержки будет правильным, при которой фотоотпечаток получается превосходным. Однако практика показывает, что в этом случае значительную часть негативов можно печатать с различными выдержками, каждый раз получая приемлемый результат. Произведенные опыты установили, что отклонения от оптимальной выдержки могут доходить до 40% без существенного изменения качества отпечатка. Такое несоответствие между требованием теории и практики вызывается влиянием психологического фактора.

Когда L_g больше $\Delta D^{\text{нег}}$, теоретически при печати может быть несколько оптимальных выдержек, минимальная из которых дает менее плотный фотоотпечаток, а максимальная — более плотный. Однако практика показывает, что любая из допустимых выдержек, за редким исключением, дает плохой фотоотпечаток. В тех случаях, когда при таком неравенстве L_g и $\Delta D^{\text{нег}}$ получают удовлетворительный фотоотпечаток, допустимые отклонения в выдержке будут незначительными.

Если L_g меньше $\Delta D^{\text{нег}}$, то при любой выдержке фотоотпечаток будет очень плохим. Однако и в этом случае можно подобрать выдержку, при которой на позитиве будут переданы средние оптические плотности негатива и частично его сильные света́ или глубокие тени, т. е. такой фотоотпечаток будет «лучшим» из очень плохих. Допустимые колебания такой выдержки еще более незначительны и составляют несколько процентов. При больших отклонениях выдержки фотоотпечаток становится совершенно неудовлетворительным.

Соотношение величин интервала оптических плотностей негатива и полезного интервала экспозиций фотобумаги оказывает еще большее влияние на качество позитивного изображения. Этот вопрос рассматривается в § 34.

Критерии определения выдержки. Величину выдержки можно определить по трем критериям: а) по общей (интегральной) оптической плотности негатива, б) по максимальной оптической плотности негатива и в) по его минимальной оптической плотности.

Эксперименты, проведенные различными авторами, показали, что *наилучшим критерием для определения величины выдержки является минимальная оптическая плотность негатива.* Этот критерий позволяет находить выдержку, обеспечивающую получение отличного фотоотпечатка с наименьшим числом проб. Им рекомендуется пользоваться при увеличениях в крупном масштабе, когда из-за соображений экономии нельзя для проб использовать большие листы фотобумаги.

Следующим, несколько менее точным критерием для определения выдержки будет общая (интегральная) оптическая плотность негатива. Этим критерием наиболее часто пользуются фотографы, когда экспонируют полоску фотобумаги, положив ее на участок негатива с различной оптической плотностью.

Максимальная оптическая плотность негатива является наименее точным критерием и пользоваться им для определения выдержки не следует.

Факторы, влияющие на выдержку. На величину выдержки влияют: светочувствительность фотобумаги, освещенность негатива, общая (интегральная) оптическая плотность и явление невзаимозаместимости.

Светочувствительность фотобумаги. Чем она выше, тем короче экспонирование. Поэтому при печати с данного негатива на бромосеребряной фотобумаге выдержка должна быть меньше по сравнению с выдержкой при печати на хлоробромосеребряной или хлоросеребряной фотобумаге. Затем надо учитывать, что светочувствительность любого сорта фотобумаги зависит от степени ее контрастности, вследствие чего выдержку надо изменять при переходе от одного номера контрастности фотобумаги к другому в соответствии с указаниями, данными в табл. 17.

Освещенность негатива. Чем она больше, тем короче выдержка при печати. Степень освещенности негатива зависит от расстояния до него источника света (она изме-

няется по закону обратных квадратов) и от величины излучаемого им светового потока в люменах. У наиболее часто применяемых нормальных осветительных электроламп накаливания он составляет: для 55 *вт* всех напряжений — 650 *лм*, для 60 *вт* всех напряжений — 645 *лм*, 75 *вт* для напряжений 110 и 127 *в*—881 *лм*, а 220 *в*—671 *лм*, 100 *вт* для напряжений 110 и 127 *в*—1275 *лм*, а для напряжения 220 *в*—1000 *лм*.

Таким образом, замена в копировальном приборе любой конструкции электролампы в 60 *вт* на 100 *вт* увеличит освещенность негатива в два раза, если напряжение в сети 110 или 127 *в*, и в 1,5 раза при напряжении 220 *в*.

Общая оптическая плотность негатива. Чем плотнее негатив, тем продолжительнее будет выдержка при данной освещенности негатива; чем его общая плотность меньше, тем короче время экспонирования.

С очень плотного и очень прозрачного негатива нельзя получить фотоотпечатки хорошего качества, изменяя только продолжительность выдержки при постоянной освещенности негатива. Надо иметь в виду, что не безразлично, сообщим ли мы светочувствительному слою фотобумаги одни и те же экспозиции при малой выдержке и большой освещенности или при большой выдержке и соответственно малой освещенности.

Предположим, что требуется получить фотоотпечатки с очень плотного и с очень прозрачного негативов. У первого света́ и тени с трудом просматриваются на просвет, у второго они имеют небольшую плотность, а детали в света́х едва намечены. Казалось бы, что при данной освещенности для плотного негатива нужна продолжительная выдержка, а для прозрачного — короткая. Однако практика показывает, что изменение только одной выдержки не даст удовлетворительных результатов.

В этом случае, чтобы получить хорошие фотоотпечатки, надо соблюдать следующие правила.

Негативы прозрачные, со слабо намеченными деталями, необходимо печатать при очень небольшой освещенности и соответственно продолжительном экспонировании.

Величина выдержки в этом случае зависит от показателя Шварцшильда для фотобумаги и явления невзаимозаместимости (см. ниже). Чем меньше освещенность негатива и чем длительнее выдержка, тем большее количество деталей проработается на фотоотпечатке после проявления, тем выше будет его качество. Степень уменьшения освещенности негатива зависит от его прозрач-

ности, например при печати среднепрозрачного негатива его освещенность уменьшают менее значительно, чем когда экспонируют через очень прозрачный негатив. Однако не следует уменьшать освещенность негатива более чем в 10 раз по сравнению с освещенностью, используемой при печати негатива нормальной плотности, так как в этом случае позитивное изображение получится малоконтрастным.

Освещенность негатива уменьшают, заменяя в фотоувеличителе электролампу, а в копировальном станке — все электролампы менее мощными, или несколько понижая трансформатором напряжение в сети, или листами восковой чертежной бумаги, укладываемой на конденсор фотоувеличителя, а в копировальном станке — на матовое стекло, служащее для рассеяния света. Восковую бумагу можно заменить другой полупрозрачной бумагой, если она имеет равномерную плотность при просмотре на просвет.

Негативы плотные, у которых детали в светáх и тенях на просвет просматриваются с трудом, надо печатать с короткой выдержкой, но при большой освещенности негатива.

В этом случае освещенность негатива требуется увеличить в такой степени, чтобы выдержка составляла несколько секунд, так как слишком короткая выдержка дает бóльшую ошибку в отсчете времени, чем длительная. Только тогда можно получить нормальный фотоотпечаток с хорошей проработкой деталей в светах и тенях. Если очень плотный негатив длительно экспонировать при нормальной освещенности, то фотоотпечаток получится недостаточно контрастным и детали на нем будут проработаны плохо.

Такая закономерность образования изображения в случае печати с прозрачного негатива объясняется двумя причинами. Во-первых, при слабой освещенности под действием квантов света электроны галогенида серебра освобождаются с относительно небольшой скоростью, отчего вероятность их захвата центрами светочувствительности, а также нейтрализации этих центров междуузельными ионами серебра увеличивается. Это способствует образованию центров проявления, представляющих собой скрытое изображение. Во-вторых, при таком экспонировании скрытое изображение образуется почти целиком на поверхности микрокристаллов галогенида серебра светочувствительного слоя фотобумаги, вследствие чего они сразу

начинают проявляться, давая достаточно плотное и контрастное изображение.

Образование нормального изображения в случае использования интенсивного освещения при печати с плотного негатива объясняется большой скоростью движения электрона, освобожденного квантом света, и малой подвижностью по сравнению с ней скорости передвижения междуузельных ионов серебра микрокристаллов галогенида серебра. Отчего вероятность роста центров светочувствительности до центров проявления значительно уменьшается из-за медленной их нейтрализации междуузельными ионами серебра. Затем, по мере увеличения экспозиций, действующих на светочувствительный слой фотобумаги, больше образуется центров проявления внутри микрокристаллов галогенида серебра, чем на их поверхности. Микрокристаллы с внутренними центрами проявления за нормальное время проявления не восстанавливаются. Такой механизм образования скрытого изображения способствует получению при проявлении нормального фотоотпечатка. Если плотный негатив освещать световым потоком нормальной или слабой интенсивности, то процесс образования центров проявления будет протекать по схеме, описанной для печати с прозрачного негатива, и позитивное изображение получится малоконтрастным.

Явление невзаимозаместимости. Оно заключается в том, что фотографический эффект, оказываемый при печати некоторым количеством освещения на светочувствительный слой фотобумаги, зависит еще и от времени поступления его. При этом одно и то же количество освещения действует на светочувствительный слой тем слабее, чем медленнее оно поступает к нему.

Предположим, производится печать с одного и того же негатива один раз при его освещенности в 15 *лк* и выдержке 10 *сек*, а в другой раз, предполагая улучшить качество фотоотпечатка, при освещенности в 10 раз меньшей (1,5 *лк*) и выдержке в 10 раз большей (100 *сек*). В обоих случаях количество освещения, поступившее на негатив, будет одинаково и равняется 150 *лк/сек* (1,5 *лк* × 100 *сек* = = 15 *лк* × 10 *сек* = 150 *лк/сек*).

Несмотря на одинаковое количество освещения, действовавшее на фотобумагу, фотоотпечатки будут разными, а именно: почернения на фотоотпечатке, полученном при малой освещенности и продолжительной выдержке, имеют меньшую оптическую плотность по сравнению с почер-

нениями на фотоотпечатке, который экспонировался при большой освещенности и короткой выдержке.

Исследования этого явления показали, что фотографический эффект определяется не произведением освещенности (E) на время освещения (t), а произведением ее на время освещения в некоторой степени p, т. е.

$$H_{D=\text{const}} = E_1 t_1^p = E_2 t_2^p. \quad (30)$$

Показатель степени p называется показателем Шварцшильда. Для диапазона освещенностей, обычно применяемых в позитивном процессе, он равен для фотобумаг 0,65—0,7.

Поэтому в вышеприведенном примере, уменьшая освещенность в 10 раз, недостаточно увеличивать время освещения тоже в 10 раз, так как изображение на фотоотпечатке при такой выдержке будет небольшой плотности. Чтобы получить нормальное изображение, экспонировать фотобумагу надо значительно дольше.

Найдем продолжительность экспонирования при показателе Шварцшильда $p=0{,}7$, освещенности негатива в 1,5 *лк* и количестве освещения в 150 *лк/сек*, необходимых для получения максимального почернения на фотоотпечатке.

Подставляя в формулу 30 эти данные, получим: 150 *лк/сек*$=1{,}5$ *лк*$\cdot t_2^p$. Откуда $t_2^p=100$. Логарифмируя это выражение, получим $p\lg t_2=\lg 100$ или $\lg t_2 = 2 : 0{,}7 = 2{,}857$.

По логарифму 2,857 находим число секунд выдержки, которое равно 720.

Значит, при уменьшении освещенности негатива в 10 раз надо экспонировать 720 *сек* вместо 100 *сек*, чтобы получить фотоотпечаток нормальной плотности.

33. ПЕРЕДАЧА РАЗЛИЧИЙ ЯРКОСТЕЙ ОБЪЕКТА В НЕГАТИВНО-ПОЗИТИВНОМ ПРОЦЕССЕ

В § 9 было указано, что правильное воспроизведение на негативе различий яркостей объекта возможно только в том случае, если негатив проявлен до коэффициента контрастности, равного единице, а для построения негативного изображения используется прямолинейный участок кривой почернений или некоторая его часть.

Рассмотрим теперь, какие условия необходимо соблюдать в позитивном процессе, чтобы сохранить правильное воспроизведение тонов, имеющихся на негативе. Сначала остановимся на том частном случае, когда не-

гатив и позитив проявляются до $\gamma=1$, а в негативном и позитивном процессах для построения изображений используются только прямолинейные участки кривых почернений негативного и позитивного фотоматериалов.

В негативном процессе эти условия в идеальном случае без учета светорассеяния в фотоаппарате выражены формулой 15. Представим этот случай графически (рис. 57).

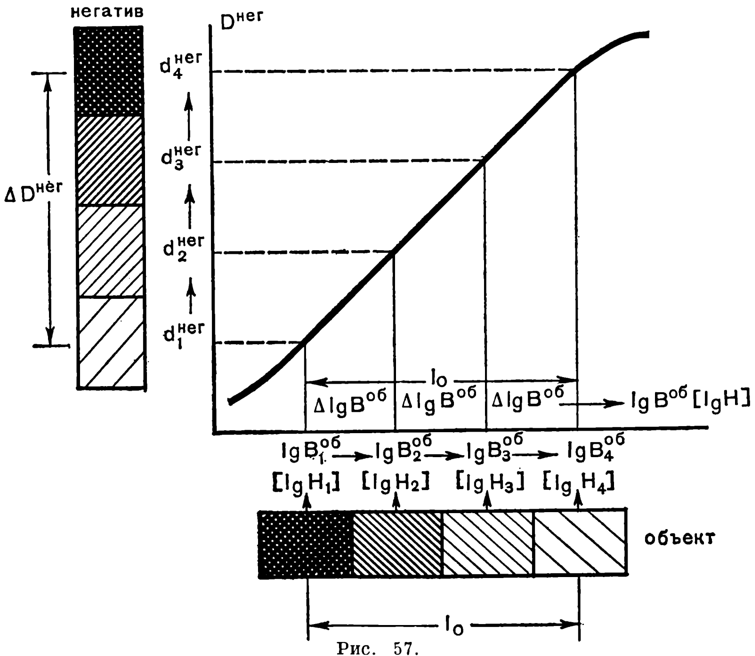


Рис. 57.
Построение негативного изображения почернениями прямолинейного участка кривой почернений

На горизонтальной оси чертежа $\lg B^{об}$ ($\lg H$) отложим точки, обозначенные через $\lg B_1^{об}$, $\lg B_2^{об}$, $\lg B_3^{об}$ и $\lg B_4^{об}$, соответствующие логарифмам яркости четырех участков объекта, интервал яркостей которого равен $l_0=\lg B_4^{об}-\lg B_1^{об}$. Для удобства дальнейших рассуждений предположим, что каждая последующая яркость объекта в определенное число раз, например вдвое, больше предыдущей, т. е. $B_2^{об}=2B_1^{об}$, $B_3^{об}=2B_2^{об}$ и $B_4^{об}=2B_3^{об}$.

В этом случае логарифмы яркостей отличаются друг от друга на постоянную величину, равную 0,3 ($\lg 2=0{,}3$). Поэтому расстояния между точками $\lg B_1^{об}$, $\lg B_2^{об}$, $\lg B_3^{об}$ и

$\lg B_4^{об}$ на чертеже выражены отрезками одинаковой величины. Эти отрезки обозначены через $\Delta \lg B^{об}$.

Поскольку экспозиция пропорциональна яркости (см. § 9), то четырем яркостям объекта: $B_1^{об}$, $B_2^{об}$, $B_3^{об}$ и $B_4^{об}$, соответствуют четыре экспозиции: H_1, H_2, H_3 и H_4, логарифмы которых $\lg H_1$ $\lg H_2$, $\lg H_3$ и $\lg H_4$ отличаются друг от друга на постоянную величину $\Delta \lg H = 0{,}3$, потому что при увеличении яркости вдвое экспозиция также увеличивается вдвое. Иначе говоря, при увеличении логарифма яркости на 0,3 логарифмы экспозиции также увеличиваются на 0,3, т. е. $\Delta \lg B^{об} = \Delta \lg H$ (см. формулу 11).

На вертикальной оси рис. 57 нанесена шкала оптических плотностей почернений негатива $D^{нег}$. Если, как было обусловлено, негатив проявлен до $\gamma_{нег} = 1$, то прямолинейный участок кривой почернений будет наклонен к координатным осям под углом 45°. Поскольку негатив проявлен до $\gamma_{нег} = 1$, то приращения оптических плотностей почернений негатива $\Delta d^{нег}$ равняются приращениям логарифмов яркостей объекта ($\Delta \lg B^{об}$).

Это случай правильного воспроизведения тонов в съемочно-негативном процессе.

Установим теперь, когда воспроизведение тонов будет правильным в негативно-позитивном процессе.

Для выражения зависимости между оптической плотностью почернений негатива и оптической плотностью почернений позитива построим новый график, на горизонтальную ось которого слева направо, в возрастающем порядке, нанесем оптические плотности почернений негатива $d_1^{нег}$, $d_2^{нег}$, $d_3^{нег}$ и $d_4^{нег}$ (рис. 58), а на вертикальную — шкалу оптической плотности почернений позитива $d_1^{поз}$, $d_2^{поз}$, $d_3^{поз}$ и $d_4^{поз}$. Проведем через соответствующие значения $d^{нег}$ и $d^{поз}$ перпендикуляры. Точки их пересечения соединим линией, которая определяет коэффициент контрастности, до которого проявлен позитив ($\gamma_{поз}$). Поскольку позитив проявлен до $\gamma_{поз} = 1$, то равным приращениям оптической плотности почернений негатива $\Delta d^{нег}$ на позитиве будут соответствовать равные приращения оптической плотности позитива $\Delta d^{поз}$.

Отношение интервала плотностей почернений позитива $\Delta D^{поз} = d_4^{поз} - d_1^{поз}$ к интервалу плотностей негатива $\Delta D^{нег}$ определяет величину коэффициента контрастности позитива, т. е.

$$\gamma_{поз} = \frac{\Delta D^{поз}}{\Delta D^{нег}}. \tag{31}$$

Откуда:

$$\Delta D^{\text{поз}} = \gamma_{\text{поз}} \cdot \Delta D^{\text{нег}}. \qquad (32)$$

Таким образом, интервал оптических плотностей почернений позитива находится в прямой зависимости от коэффициента контрастности, до которого проявлен позитив, и интервала плотности негатива: чем больше $\gamma_{\text{поз}}$ и $\Delta D^{\text{нег}}$ (вместе или порознь), тем больше $\Delta D^{\text{поз}}$.

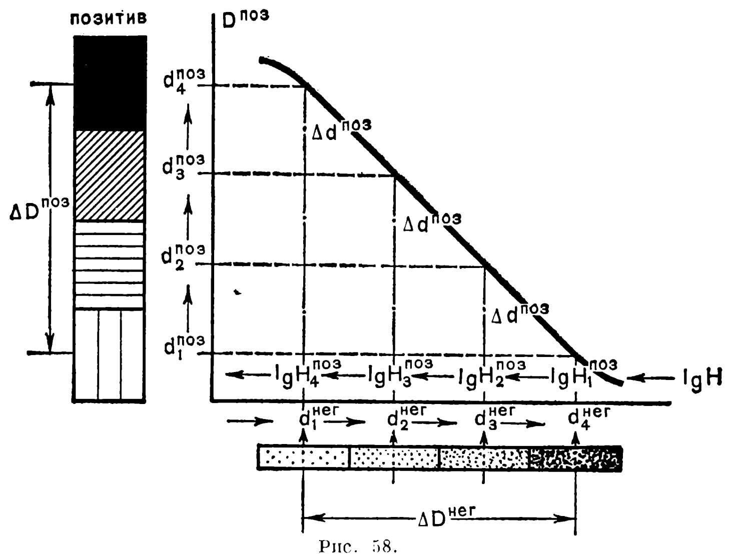


Рис. 58.
Построение позитивного изображения в негативно-позитивном процессе

Когда $\gamma_{\text{поз}} = 1$, то $\Delta D^{\text{поз}} = \Delta D^{\text{нег}}$.

Это случай правильного воспроизведения тонов в негативно-позитивном процессе.

Необходимо иметь в виду, что величины $\Delta D^{\text{нег}}$ и $\Delta D^{\text{поз}}$ равны только по своей абсолютной величине, но противоположны по знаку, потому что положительному приращению оптических плотностей негатива соответствует отрицательное приращение оптических плотностей позитива. На рис. 58 это выражено тем, что кривая опускается слева направо, а ось $\lg H^{\text{поз}}$ направлена справа налево, т. е. экспозиции увеличиваются в этом направлении.

Рассмотрим теперь более общий случай, когда негатив и позитив проявлены до значений гамм, не равных еди-

нице, но их произведение, как и в предыдущем случае, равно единице.

Пусть, например, негатив проявлен до $\gamma_{нег}=0{,}5$, а позитив — до $\gamma_{поз}=2$. Построим кривую почернений фотоматериала, проявленного до этого значения гаммы (рис. 59,*а*). Из этого чертежа нетрудно увидеть, что негативное изображение имеет меньший контраст, чем объект, так как отрезкам $\Delta \lg B^{об}$ соответствуют вдвое меньшие отрезки $\Delta d^{нег}$. При печати этого негатива на фотобумаге, которая проявлена до $\gamma_{поз}=2$, происходит уве-

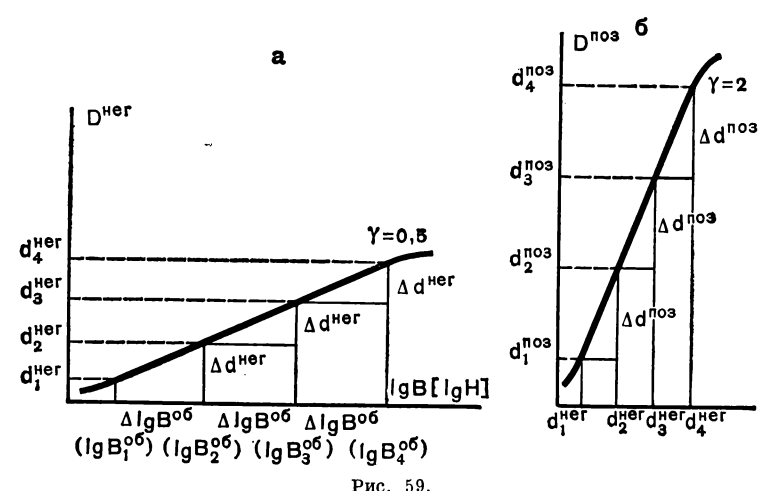


Рис. 59.
Построение позитивного изображения, когда негатив проявлен до $\gamma_{нег}=0{,}5$ (*а*), фотобумага же до $\gamma_{поз}=2$ (*б*)

личение контраста, что ясно из рис. 59,*б*. На нем отрезкам $\Delta d^{нег}$ соответствуют вдвое большие отрезки $\Delta d^{поз}$. Они равны отрезкам $\Delta \lg B^{об}$.

Таким образом, *уменьшение контраста негативного изображения компенсируется его увеличением на позитивном изображении. Поэтому искажения в передаче яркостей объекта в негативно-съемочном процессе можно в известной мере исправить в позитивном процессе.*

Установим теперь зависимость интервала оптических плотностей позитива, выражающего его контраст, от яркостей объекта, для чего в формуле 32 заменим $\Delta D^{нег}$ его значением $\gamma_{нег} \cdot l_0$, взятым из формулы 15. Тогда получим

$$\Delta D^{поз} = \gamma_{нег} \cdot \gamma_{поз} \cdot l_0. \qquad (33)$$

Произведение $\gamma_{\text{нег}} \cdot \gamma_{\text{поз}}$ называется *результирующей гаммой*, или *гаммой воспроизведения*. Она обозначается $\gamma_{\text{рез}}$.

Формула 33 показывает, что интервал плотностей позитивного изображения, т. е. его контраст, определяется интервалом яркостей объекта и результирующей гаммой. Если же результирующая гамма

$$\gamma_{\text{нег}} \cdot \gamma_{\text{поз}} = 1, \qquad (34)$$

то интервал оптических плотностей позитива равняется интервалу яркостей объекта, т. е. $\Delta D^{\text{поз}} = l_0$.

Это случай идеально правильного фотографического воспроизведения тонов в съемочно-негативно-позитивном процессе, в результате которого различия логарифмов яркостей объекта передаются равными им различиями оптических плотностей почернений позитива.

Необходимо только помнить, что положительному приращению логарифма яркостей объекта, т. е. увеличению его яркости, отвечает отрицательное приращение оптической плотности почернений у позитива, обусловливающее также увеличение яркости данного участка позитивного изображения, т. е. чем меньше оптическая плотность почернения некоторого участка на позитивном изображении, тем более ярким он будет восприниматься.

Найдем теперь зависимость между логарифмами яркостей почернений позитива ($\lg B^{\text{поз}}$) и логарифмами яркостей объекта ($\lg B^{\text{об}}$). Для этого на горизонтальной оси графика (рис. 60) отложим в равном масштабе логарифмы яркостей объекта: $\lg B_1^{\text{об}}$, $\lg B_2^{\text{об}}$, $\lg B_3^{\text{об}}$ и $\lg B_4^{\text{об}}$, а на вертикальной оси — логарифмы яркостей позитива: $\lg B_1^{\text{поз}}$, $\lg B_2^{\text{поз}}$, $\lg B_3^{\text{поз}}$ и $\lg B_4^{\text{поз}}$. Восстановим из этих точек перпендикуляры и соединим их точки пересечения.

В результате для данного идеального случая получим прямую линию $AБ$, наклоненную под углом 45° к координатным осям графика. В реальных случаях подобное построение дает кривую линию, называемую *кривой фотографического воспроизведения*. Построение такой кривой из-за сложности не излагается.

Сущность правильного воспроизведения тонов заключается, следовательно, в том, чтобы равным приращениям логарифмов яркостей деталей объекта $\Delta \lg B^{\text{об}}$ отвечали бы равные приращения логарифмов яркостей деталей позитива $\Delta \lg B^{\text{поз}}$, причем яркости позитива могут быть значительно меньше яркостей объекта.

Это положение можно еще сформулировать так: если объект имеет две яркости, величины которых составляют отношение, например, 1 : 10, то на позитиве яркости соответствующих участков должны составлять такое же отношение.

Разница между этими формулировками заключается только в том, что в одном случае мы пользуемся логариф-

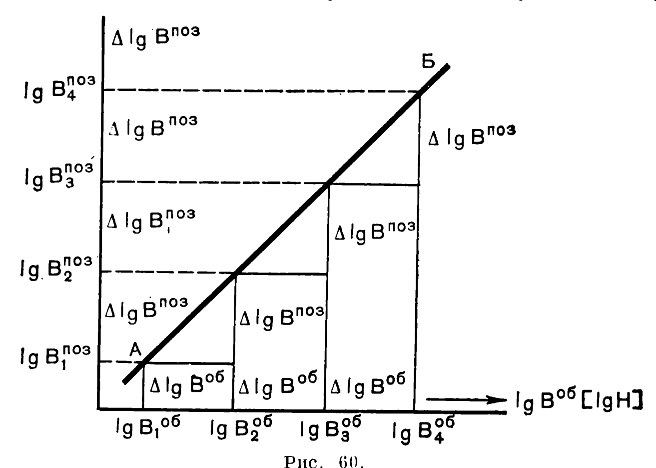


Рис. 60.
Условие идеального фотографического воспроизведения

мом отношения двух яркостей, а в другом — самим отношением.

Из этих примеров вытекают следующие правила.

Для правильного (идеального) воспроизведения позитивом различий яркостей, имеющихся у объекта, необходимо, во-первых, чтобы произведение γ негатива на γ позитива было равно единице, и, во-вторых, чтобы для построения негативного и позитивного изображений использовались только прямолинейные участки кривых почернений негативного и позитивного фотоматериалов.

Соблюдение этих правил обеспечивает пропорциональную передачу яркостей объекта на позитиве.

Если произведение гамм негатива и позитива *больше единицы*, то позитивное изображение будет иметь *увеличенный контраст*, а если оно *меньше единицы*, то *уменьшенный*.

Это правило, используемое при получении диапозитивов, к сожалению, при печати на фотобумаге обычно невыполнимо по следующим причинам.

Во-первых, прямолинейный участок кривой почернений фотобумаги очень небольшой, поэтому позитивное изображение, построенное его почернениями, будет незначительным по плотности и малоконтрастным из-за использования узкой шкалы почернений фотобумаги.

Во-вторых, на фотобумаге невозможно при любом строении ее кривой почернений воспроизвести все яркости объекта, если обусловливаемый ими интервал оптических плотностей негатива (формула 15) превышает значение полезного интервала экспозиций фотобумаги, максимальное значение которого равно 1,9, а минимальное—0,3.

К этим двум причинам часто добавляется третья, заключающаяся в том, что негативное изображение строится не только почернениями прямолинейного участка кривой почернений, но и областями недодержек и передержек. У такого негатива оптические плотности почернений теней и светов не будут пропорциональны логарифмам их яркостей объекта, т. е. они будут искажены.

Первая отрицательная причина устраняется, как уже указывалось, использованием для построения позитивного изображения всех почернений кривой почернений, включая область недодержек и передержек. В этом случае контрастность фотобумаги характеризует средний градиент.

Заменяя в формуле 34 коэффициент контрастности фотобумаги ее средним градиентом, получаем

$$\gamma_{\text{нег}} \cdot \bar{g}_{\text{поз}} = 1. \qquad (35)$$

Эта формула выражает *приближенное правильное воспроизведение яркостей объекта на позитиве*. Она справедлива в случае съемки объекта с небольшим интервалом яркостей и с выдержкой, рассчитанной на использование прямолинейного участка кривой почернений негативного фотоматериала. Без большой ошибки ее можно применять, когда производилась фотосъемка объекта со средним интервалом яркостей, а почернения негативного изображения лежат в конце области недодержек и на прямолинейном участке кривой почернений.

Вторая причина устраняется ослаблением негатива с очень большим интервалом плотностей в сверхпропорциональном ослабителе или методом голокопии.

Для устранения третьей причины, вызываемой фотографированием объекта с очень большим интервалом яркостей, вследствие чего для построения негативного изображения использовались области недодержек и передержек,

надо пользоваться средним градиентом негативного фотоматериала, который характеризует контрастность всей используемой шкалы почернений при съемке. В этом случае формула 35 примет вид

$$\bar{g}_{\text{нег}} \cdot \bar{g}_{\text{поз}} = 1. \qquad (36)$$

При использовании средних градиентов негативного и позитивного фотоматериалов яркости объекта будут переданы на фотоотпечатке с большим искажением, чем в первом случае.

В этом параграфе изложены требования, предъявляемые к идеальному воспроизведению яркостей объекта на позитиве. Далее будет установлено, насколько они применимы на практике.

34. ПОДБОР ФОТОБУМАГИ К НЕГАТИВУ

Выбор поверхности и толщины фотобумаги. Такой выбор зависит от размера отпечатка, его назначения и вида сфотографированного сюжета.

Отпечатки небольшого формата (до 13×18 *см*) обычно печатают на тонкой фотобумаге, среднего формата (18×24 и 24×30 *см*) — на фотобумаге с полукартонной фотоподложкой, а большого формата (от 30×40 *см*) — на фотобумаге с фотоподложкой картонной плотности.

Особоглянцевые и *глянцевые фотобумаги* преимущественно применяют для печати научно-технических фотографий, штриховых репродукций, архитектурных, пейзажных и жанровых снимков небольшого формата, не предназначаемых для экспонирования на стенде. Снимки для газет, журналов, штриховые и полутоновые иллюстрации для книг печатают только на этом сорте фотобумаг.

Достоинство таких фотобумаг — очень хорошая передача мельчайших деталей объекта.

Матовые, полуматовые и тисненые фотобумаги применяют для печати портретов, пейзажей, архитектуры, натюрмортов, рекламных фотографий и т. д., предназначаемых для экспонирования на стендах или вывешивания на стенах в помещении. Отсутствие блеска поверхности на таких отпечатках позволяет их рассматривать под любым углом зрения.

На матовых и полуматовых фотобумагах можно получать мягкие пастельные тона, особенно пригодные для портретных и пейзажных сюжетов.

Полуматовые фотобумаги дают более сочные изображения, чем матовые, поэтому предпочтительнее пользоваться ими.

На тисненых фотобумагах печатают снимки, содержащие на переднем плане большие детали, например жанровые сцены крупным планом, снятые при ярком освещении; солнечные зимние ландшафты, портреты и т. д. Снимки со многими мелкими деталями на этом сорте фотобумаги печатать не следует.

Подбор фотобумаги по гамме проявления негатива. В предыдущем параграфе было установлено, что в идеальном случае контраст позитивного изображения при $\gamma_{рез} = 1$ зависит только от интервала яркостей объекта. На практике такая зависимость отсутствует из-за светорассеяния в фотоаппарате, отчего оптическое изображение объекта всегда имеет меньший контраст (интервал яркостей), чем объект. Коэффициент потери контраста (β_c), в зависимости от вида объекта, равняется 0,6—0,9 (см. табл. 7).

Затем при печати на фотобумагах используют ее средний градиент, а не коэффициент контрастности. Поэтому в реальных условиях справедлива не формула 33, а формула

$$\Delta D^{поз} = \beta_c l_0 \gamma_{нег} \cdot \bar{g}_{поз}. \qquad (37)$$

Величины $\beta_c l_0 \gamma_{нег}$ выражают интервал оптических плотностей негатива, $\Delta D^{нег}$ (см. формулы 16 и 17), который зависит от условий съемки и проявления. Следовательно, в позитивном процессе фотограф может менять только $\bar{g}_{поз}$, используя при печати фотобумагу той или иной степени контрастности *.

Выше было установлено, что для приближенно правильной передачи яркостей объекта позитивным изображением необходимо соблюдать условие:

$$\gamma_{нег} \cdot \bar{g}_{поз} = 1.$$

Поскольку интервал яркостей оптического изображения всегда меньше интервала их у объекта, а негатив чаще всего проявляют до $\gamma_{нег} < 1$, то контраст негативного изображения всегда меньше контраста объекта. Чтобы на фотоотпечатке компенсировать уменьшение контраста негативного изображения, надо при печати пользоваться контрастной фотобумагой. Поэтому произведение $\gamma_{нег} \cdot \bar{g}_{поз}$

* В этих рассуждениях исключена возможность исправления негатива ослаблением или усилением.

должно равняться не единице, а большей величине, указываемой ниже:

$$\text{если } \beta_c = 0{,}6, \text{ то } \gamma_{\text{нег}} \cdot \bar{g}_{\text{поз}} = 1{,}6, \quad (38)$$

$$» \ \beta_c = 0{,}7 \ » \ \gamma_{\text{нег}} \cdot \bar{g}_{\text{поз}} = 1{,}4, \quad (39)$$

$$» \ \beta_c = 0{,}8 \ » \ \gamma_{\text{нег}} \cdot \bar{g}_{\text{поз}} = 1{,}2, \quad (40)$$

$$» \ \beta_c = 0{,}9 \ » \ \gamma_{\text{нег}} \cdot \bar{g}_{\text{поз}} = 1{,}1. \quad (41)$$

Откуда определяется необходимый средний градиент фотобумаги, например когда $\beta_c = 0{,}9$, то $\bar{g}_{\text{поз}} = \frac{1{,}1}{\gamma_{\text{нег}}}$.

Для вычисления среднего градиента по формулам 38—41 надо знать, до какого значения $\gamma_{\text{нег}}$ проявлен негатив. Сделать это непосредственным его осмотром невозможно.

Однако $\gamma_{\text{нег}}$ определяется с достаточной точностью для практики без каких-либо измерений, если пользоваться указаниями, данными в § 8.

После чего по формулам 38—41 вычисляют средний градиент необходимой для печати фотобумаги и по табл. 16 находят фабричный номер ее контрастности, потребный для негатива. Пользоваться табл. 16 можно потому, что фотоотпечаток обычно проявляют до «конца», используя для построения позитивного изображения всю или почти всю шкалу почернений фотобумаги.

П р и м е р. Экспонированная перфорированная фотопленка проявлялась в проявителе № 2 (табл. 4) в течение времени, указанного на упаковке. За это время коэффициент контрастности всех 36 негативов на фотопленке будет равен 0,8, т. е. рекомендованному значению для фотопленки. Предположим, что требуется напечатать кадр, коэффициент потери контраста у оптического изображения которого при съемке был равен 0,9. Поскольку $\gamma_{\text{нег}} = 0{,}8$, а $\beta_c = 0{,}9$, то по формуле 41 необходима фотобумага со средним градиентом, равным

$$\bar{g}_{\text{поз}} = \frac{1{,}1}{0{,}8} = 1{,}37.$$

В табл. 16 такой средний градиент имеют фотобумаги: особоглянцевые бромосеребряные любых сортов № 3, «Фотоконт» особоглянцевая № 3, «Бромпортрет» и «Контабром» глянцевая № 4. В зависимости от поставленной задачи, можно использовать любую из указанных сортов фотобумаги и получить приближенно правильное воспроизведение яркостей объекта на позитивном изображении.

Этот способ в некоторых случаях не дает оптимальных результатов, так как не учитывает влияние на фотографическое изображение интервала плотностей негатива.

Подбор фотобумаги по интервалу плотностей негатива. Более точным, а поэтому самым распространенным критерием подбора фотобумаги к негативу служит интервал оптических плотностей негатива ($\Delta D^{\text{нег}}$), который, как уже известно читателю, выражает *контраст негатива.*

Интервал оптических плотностей негатива определяет интервал экспозиций, воздействующих при печати на светочувствительный слой фотобумаги. Чем больше $\Delta D^{\text{нег}}$, тем в большее число раз отличается максимальная экспозиция от минимальной; чем он меньше, тем меньше отношение крайних по величине экспозиций.

Различные по контрастности сорта фотобумаги неспособны в одинаковой степени давать раздельные почернения под разными по величине экспозициями. Это свойство фотобумаги, как уже известно читателю, зависит от величины полезного интервала экспозиций (L_g).

Интервал оптических плотностей негатива и полезный интервал экспозиций — взаимосвязанные показатели при фотографической печати.

Это легко доказать. Для этой цели в формуле 37 величину $\beta_c l_0 \gamma_{\text{нег}}$ заменим равной величиной $\Delta D^{\text{нег}}$. Таким образом

$$\Delta D_g^{\text{поз}} = \Delta D^{\text{нег}} \cdot \bar{g}_{\text{поз}}, \tag{42}$$

откуда

$$\Delta D^{\text{нег}} = \frac{\Delta D_g^{\text{поз}}}{\bar{g}_{\text{поз}}}. \tag{42а}$$

Из формулы 24 находим, что

$$L_g = \frac{\Delta D_g^{\text{поз}}}{\bar{g}_{\text{поз}}}. \tag{42б}$$

Следовательно, формула 42а = 42б, или

$$L_g = \Delta D^{\text{нег}}. \tag{43}$$

Равенство полезного интервала экспозиций фотобумаги интервалу оптических плотностей негатива обеспечивает передачу на позитиве всех тонов негатива.

Таким образом, *для получения отличного фотоотпечатка необходимо, чтобы интервал оптических плотностей негатива равнялся полезному интервалу экспозиций фотобумаги.*

Иллюстрируем это правило, для чего рассмотрим три типичных случая взаимосвязи L_g и $\Delta D^{\text{нег}}$. На рис. 61 представлен в графической форме случай, когда интервал оптических плотностей негатива равен полезному интервалу экспозиций фотобумаги. Подберем выдержку при печати так, чтобы под максимальной оптической плотностью негатива получилась экспозиция, соответствующая началу полезного интервала экспозиций фотобумаги.

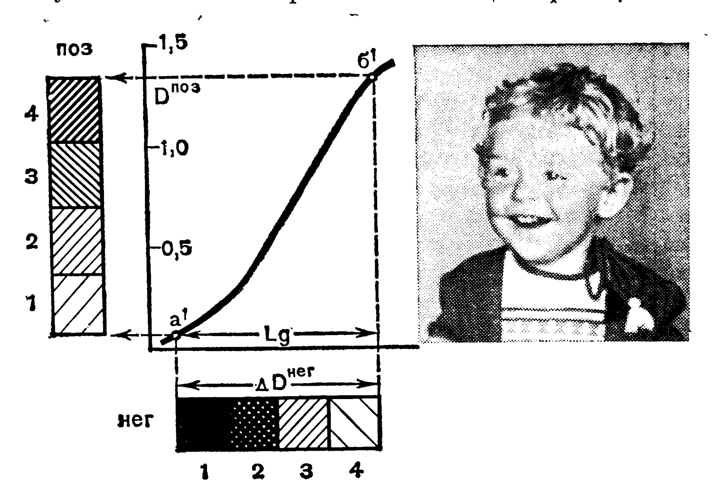


Рис. 61.
При равенстве интервала оптических плотностей негатива полезному интервалу экспозиций фотобумаги позитивное изображение получается отличным

Тогда под минимальной оптической плотностью негатива получится экспозиция, соответствующая концу полезного интервала экспозиций. Первая экспозиция дает почернение на позитиве, оптическая плотность которого лежит в точке a^1 на кривой почернений фотобумаги, вторая — в точке $б^1$. В результате на позитиве получится полная полезная шкала почернений от a^1 до $б^1$, и изображение на нем будет наилучшим из возможных. Фотоотпечаток, помещенный правее схемы, подтверждает это правило. Он получен на фотобумаге № 4.

На рис. 62 интервал оптических плотностей негатива больше полезного интервала экспозиций фотобумаги. В этом случае при выдержке, рассчитанной по средним плотностям негатива, оптические плотности негатива, обозначенные через A, не воспроизведутся на фотоотпечатке почернениями, т. е. пропадут детали в светáх изоб-

ражения. Все оптические плотности негатива, обозначенные через *Б*, дадут почти одинаковые или совершенно не отличимые друг от друга почернения (отрезок $б^2$—$б^2$ на кривой почернений), т. е. пропадут детали и в тенях изображения. Такое позитивное изображение воспроизведет только узкую шкалу почернений негатива. Поэтому оно будет очень плохим, так как на фотоотпечатке отсутствуют или слабо выражены детали в светáх и тенях.

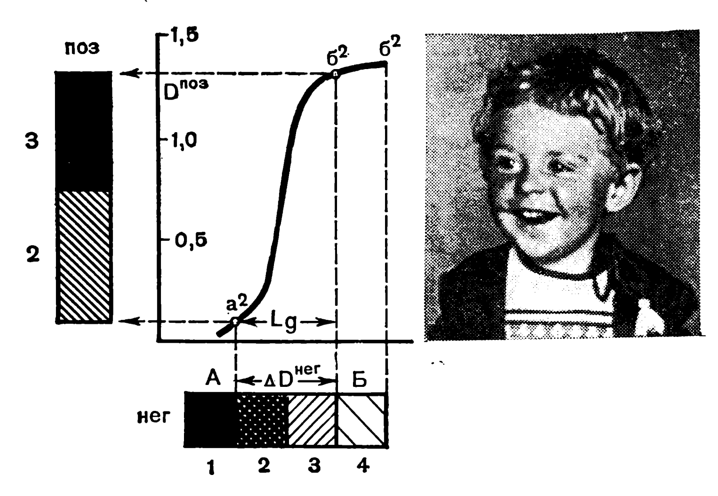


Рис. 62.
Если полезный интервал экспозиций фотобумаги меньше интервала оптических плотностей негатива, то позитивное изображение получается очень плохим

Это видно из фотоотпечатка, который был получен на фотобумаге № 7, полезный интервал экспозиций у которой очень мал.

Если выдержку увеличить, то проработаются уже только *1* и *2* поля негатива, если ее уменьшить — то *3* и *4* поля. Таким образом, увеличение выдержки улучшит на позитиве передачу деталей в светáх и устранит или уменьшит их в тенях, а при ее уменьшении передача деталей, наоборот, улучшится в тенях и ухудшится в светах позитива.

Поэтому не следует применять при печати фотобумагу, у которой полезный интервал экспозиций меньше, чем интервал оптических плотностей почернений негатива.

Наконец, когда интервал оптических плотностей негатива меньше интервала экспозиций фотобумаги, то все

ее почернения меньше a^4 (участок $a^3—a^4$ кривой почернений фотобумаги) и больше $б^3$ (ее участок $б^3—б^4$) не используются и позитивное изображение получится плохим из-за недостаточного контраста (рис. 63). Это видно на фотоотпечатке, при печати которого пользовались фотобумагой № 2, имеющей большой интервал экспозиций.

Изменение выдержки приведет к перемещению оптических плотностей почернений фотоотпечатка вверх или

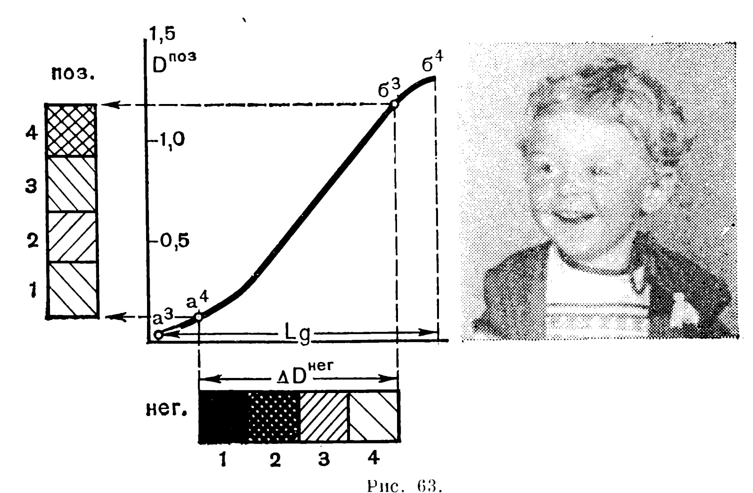


Рис. 63.
Если полезный интервал экспозиций фотобумаги больше интервала оптических плотностей негатива, то позитивное изображение получается неудовлетворительным

вниз по кривой почернений фотобумаги, причем получить на нем одновременно достаточно большие и малые почернения при любой выдержке невозможно. При таком соотношении $\Delta D^{нег}$ и L_g фотобумаги изображение получается с узкой шкалой тонов — более светлым, когда выдержка относительно мала, и более темным, когда она несколько больше некоторой средней величины.

Поэтому *фотобумагу, у которой полезный интервал экспозиций больше интервала оптических плотностей почернений негатива, использовать не следует.*

На практике лучше печатать на фотобумаге, у которой полезный интервал экспозиций немного больше, чем интервал оптических плотностей почернений негатива. Разность между этими показателями ($L_g—\Delta D^{нег}$) у контрастных сортов фотобумаги должна быть не выше 0,1, у нормальных сортов — 0,2, а у мягких — 0,3.

Различие в рекомендуемом допуске разности $L_g - \Delta D^{\text{нег}}$ вызывается тем, что приращение оптической плотности почернений позитива зависит от коэффициента контрастности позитивного фотоматериала.

Надо заметить, что встречаются случаи, когда выбор фотобумаги по соответствию ее полезного интервала экспозиций интервалу оптических плотностей негатива не дает однозначного решения вопроса, так как для некоторых, например летних, сюжетов можно получать приемлемые фотоотпечатки на разных фотобумагах. Для портретных снимков такая возможность чаще всего отсутствует — их можно обычно печатать на фотобумаге только определенного номера контрастности.

Наличие таких допусков в выборе контрастности фотобумаги позволяет вопрос подбора фотобумаги значительно упростить. О чем будет сказано в следующем параграфе.

35. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕРВАЛА ОПТИЧЕСКИХ ПЛОТНОСТЕЙ НЕГАТИВА И НЕОБХОДИМОЙ КОНТРАСТНОСТИ ФОТОБУМАГИ

Интервал оптических плотностей негатива наиболее точно измеряют денситометром, что недоступно в условиях работы фотолюбителя. Его величину также можно вычислить и по минимальной и максимальной яркостям негативного изображения на экране фотоувеличителя, для чего необходим специальный экспонометр, отсутствующий в продаже.

Фотолюбитель же этот параметр негатива может определить только визуально или путем расчетов. Опытный делает это с достаточной для практики точностью визуальным осмотром негатива. Начинающий обычно испытывает в этом затруднение, которое устраняется, если руководствоваться нижеследующим.

1. Необходимо учитывать характер градации тонов негативного изображения. Если приращения оптических плотностей почернений (Δd) незначительны и негативное изображение состоит из большого числа почернений — широкой шкалы тонов, то *визуальный контраст негатива будет меньше по сравнению с сенситометрическим.* При большом Δd негативное изображение слагается из малого числа почернений, т. е. имеет узкую шкалу тонов, отчего *визуальный контраст негатива будет больше сенситометрического.* Чтобы избежать подобных ошибок в определении $\Delta D^{\text{нег}}$, рекомендуется оценивать контраст негатива

с помощью маски, закрывающей промежуточные почернения и оставляющей открытыми только максимальную и минимальную плотности.

2. При съемке на негативных фотоматериалах, особенно на фотопленке, основным фактором, определяющим величину интервала оптических плотностей почернений негатива при рекомендованной рецептом продолжительности проявления, является интервал яркостей объекта. Поэтому, в соответствии с классификацией интервалов яркостей объекта, приведенной в табл. 6, негативы по интервалу оптических плотностей можно разделить на шесть групп. К первой группе относятся негативы с очень небольшим интервалом оптических плотностей, к шестой — с чрезмерно большим. Между ними лежат промежуточные значения.

Когда интервал плотностей негатива визуально установлен, рекомендуется проверить по формуле 17, был ли он определен относительно правильно или с грубой ошибкой. Делается это так.

Примеры: 1. В полдень ясного солнечного летнего дня сфотографирован на фотопленке открытый пейзаж с большим участком неба. В этот час его освещенность будет наибольшей, поэтому, согласно табл. 5, интервал его яркостей можно принять равным 1,47. Из-за светорассеяния контраст оптического изображения будет, согласно табл. 7, уменьшен до $1{,}47 \times 0{,}6 = 0{,}88$. Фотопленка проявлялась в нестандартном выравнивающем проявителе. Продолжительность проявления — минимальная из указанных в рецепте, что исключает получение максимального значения коэффициента контрастности.

Предположим, что негатив проявлен до какой-то гаммы, лежащей между 0,6 и 0,8. Гамма 0,6— минимальная, при которой качество негатива еще остается удовлетворительным, а гамма 0,8— максимально достигаемая за выбранное время проявления.

Подсчитаем по формуле 17 возможную величину интервала оптических плотностей данного негатива для этих двух гамм. В первом случае $\Delta D^{\text{нег}} = 0{,}6 \cdot 0{,}88 = 0{,}52$, во втором $\Delta D^{\text{нег}} = 0{,}8 \cdot 0{,}88 = 0{,}70$. Истинное значение $\Delta D^{\text{нег}}$ лежит между этими двумя величинами.

Находим по табл. 15 полезные интервалы экспозиций фотобумаги, равные точно или приблизительно указанным выше значениям интервала плотностей негатива. Для $\Delta D^{\text{нег}} = 0{,}52$ соответствующий полезный интервал экспозиций имеет бромосеребряная полуматовая фото-

бумага № 6, а для $\Delta D^{\text{нег}}=0,7$— бромосеребряная матовая фотобумага № 5.

Сделав пробу на фотобумаге № 5 и № 6, выбираем лучшую для данного негатива.

Предположим, что бромосеребряная полуматовая фотобумага № 6 дает наилучший фотоотпечаток. Тогда, пользуясь табл. 16 и формулой 38, легко определить, до какой гаммы проявлен негатив. Средний градиент этой фотобумаги равен 2,07, следовательно:

$$\gamma_{\text{нег}}=\frac{1,6}{2,07}=0,77.$$

Таким образом, все 36 негативов на этой фотопленке проявлены до гаммы 0,77.

2. На той же фотопленке примерно в одинаковых условиях освещения снято темное здание на фоне неба, которое занимает небольшой участок на кадре. Интервал яркости такого сюжета по табл. 5 составляет 2,3, а с учетом потери контраста: $2,3\times0,6=1,38$. Так как этот негатив проявлялся то же время, что и первый, то его гамма также равняется 0,77. Однако интервал оптических плотностей негатива из-за большого интервала яркостей объекта будет выше, чем у негатива в первом примере. Он равняется

$$\Delta D^{\text{нег}}=0,77\cdot1,38=1,06.$$

Для негатива с $\Delta D^{\text{нег}}=1,06$ соответствующий полезный интервал экспозиций имеют хлоробромосеребряные полуматовые фотобумаги № 4. Только на фотобумагах «Бромпортрет» и «Контабром» № 4 получится позитив отличного качества. Можно также печатать на бромосеребряной особоглянцевой фотобумаге № 4, но качество фотоснимка будет несколько ниже, чем в первом случае.

3. Рассмотрим теперь третий негатив, полученный на той же фотопленке и представляющий собой снимок моста, через арки которого видна ярко освещенная даль. Согласно табл. 5, интервал яркостей у такого сюжета равен 4, а с учетом потери контраста из-за светорассеяния в фотоаппарате: $4\times0,7=2,8$. Гамма проявления негатива также равна 0,77.

Следовательно, интервал оптических плотностей негатива

$$\Delta D^{\text{нег}}=0,77\cdot2,8=2,15.$$

Для этого значения $\Delta D^{\text{нег}}$ нет подходящего по величине полезного интервала экспозиций фотобумаги. Поэтому

даже при печати на глянцевой хлоробромосеребряной фотобумаге № 1 нельзя воспроизвести на фотоотпечатке всю шкалу тонов негатива.

Выше было указано, что наибольшее значение для качества негатива имеют детали в светах, поэтому выдержка при печати с данного негатива должна быть такой, чтобы обеспечить проработку возможно большего числа деталей в светах изображения за счет их уменьшения в тенях.

4. На другой фотопленке в туманный день сфотографирован осенний пейзаж без переднего плана. Его интервал яркостей по табл. 5 равен 0,47, а с учетом потери контраста

Таблица 18

Схема подбора фотобумаги к негативу

Категория негатива	Общая оптическая плотность негатива	Визуальный контраст негатива	Примерный интервал плотностей негатива	Полезный интервал экспозиций фотобумаги	Номер контрастности бумаги
I/2	Прозрачный	Очень малоконтрастный	0,3	0,6—0,3	7—6
II/1	Общая плотность незначительная	Малоконтрастный	0,6	0,8—0,7	5
II/2	Общая плотность большая	То же	0,6	0,8—0,7	5
III/1	Малоплотный	Нормальный	1,0	1,2—1,1	3—4
III/2	Среднеплотный	То же	1,0	1,2—1,1	3—4
IV/1	Плотный	Контрастный	1,5	1,8—1,3	2—1
V/1	Повышенно-плотный	Очень контрастный	2,0	1,8—1,6	1
VI/1	Сильноплотный	Чрезвычайно контрастный	3,0	1,8—1,6	1

Примечание. Рекомендуются для улучшения качества позитива перед печатью негативы:

категорий I/2 и II/1 усиливать (см. § 16),

категорий I/3, I/4, II/2, V/1 и VI/1 ослаблять (см. § 15).

Негативы категорий V/1 и VI/1 вместо ослабления лучше печатать с маской (см. § 47).

составит: 0,47×0,9=0,42. Поскольку объект съемки очень малоконтрастен, фотопленка проявлялась до максимального коэффициента контрастности, равного 1,1. Чтобы

получить такую гамму, продолжительность обработки фотопленки в проявителе № 2, указанная на упаковке, была увеличена на 25%. В этом случае интервал оптических плотностей негатива равняется $\Delta D^{\text{нег}} = 0{,}42 \cdot 1{,}1 = 0{,}46$ и для него подходят все бромосеребряные и хлоросеребряные особоглянцевые фотобумаги № 7.

Когда желательно придать изображению на фотоотпечатке более «туманный» вид, то надо уменьшить его контраст, для чего печатают на фотобумаге № 6.

Производя описанные работы, рекомендуется:

Гамму проявления фотопленки находить по негативу с небольшой оптической плотностью и со средним значением интервала оптических плотностей. Затем с помощью найденной $\gamma_{\text{нег}}$ определить $\Delta D^{\text{нег}}$ у остальных негативов, имеющихся на фотопленке.

Поскольку такой способ недостаточно точен, то находят $\gamma_{\text{нег}}$ у трех негативов, градационные параметры которых идентичны, и берут среднее их значение.

Если одна гамма проявления значительно отличается от двух других, то ее не учитывают. Расхождение обычно вызвано тем, что фотобумага была подобрана к негативу без соблюдения правила $L_g = \Delta D^{\text{нег}}$. На возможность такого случая указано на стр. 181.

Затем не надо пользоваться для определения $\gamma_{\text{нег}}$ негативами, на которых сняты объекты с большим интервалом яркостей, так как в этом случае вместо $\gamma_{\text{нег}}$ будут найдены значения $\bar{g}_{\text{нег}}$.

Если нежелательно делать математические расчеты, то подбор фотобумаги к негативу можно производить по табл. 18. Не все фотоотпечатки, полученные по ее данным, будут отличными. Однако она позволит фотолюбителю избежать грубых ошибок при подборе контрастности фотобумаги к интервалу оптических плотностей негатива и, следовательно, сократить число проб.

6.

Проекционная печать, или фотографическое увеличение,— это основной способ получения фотоотпечатков с малоформатных негативов. Ее технические приемы весьма разнообразны и обеспечивают устранение на позитиве во время печати многих недостатков негативного изображения. В главе изложены геометрические основы проекции; дана характеристика различных типов фотоувеличителей и их основных деталей; описаны отечественные фотоувеличители; рассмотрены различные приемы и способы печати и разъяснена природа зернистости позитивного изображения.

ПРОЕКЦИОННАЯ ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ ПЕЧАТЬ

36. ВВЕДЕНИЕ

Проекционная, или оптическая, фотографическая печать представляет собой способ, при котором негатив проецируется посредством объектива фотоувеличителя на фотобумагу, расположенную на некотором расстоянии от негатива. Поскольку негативное изображение прозрачно, то проекционная печать является диаскопической проекцией, геометрические основы которой рассматриваются в следующем параграфе.

Проекционная печать позволяет:

1. Получать позитивное изображение в разном масштабе: увеличенном, равном или уменьшенном по сравнению с масштабом негативного изображения.

2. Изменять контрастность позитивного изображения, применяя при экспонировании диффузное или направленное освещение негатива.

3. Легко кадрировать изображение.

4. Выравнивать во время печати неравномерную оптическую плотность почернений негативного изображения различными оттенителями.

5. Печатать одновременно с двух совмещенных негативов.

6. Впечатывать в основное позитивное изображение дополнительные элементы, например облака.

7. Комбинировать несколько изображений в одно, т. е. получать фотомонтаж.

8. Поворачивать позитивное изображение на 180°, помещая негатив в фотоувеличителе целлулоидной стороной к объективу.

9. Проявлять во время печати.

Все эти особенности проекционной печати значительно расширяют возможности позитивного процесса и являются ее существенным преимуществом по сравнению с возможностями контактной печати.

Вместе с тем проекционная печать более сложна, чем контактная, так как при ней необходимо:

1. Производить наводку на резкость проецируемого изображения.

2. Использовать только высокочувствительные фотобумаги.

3. Пользоваться мелкозернистыми, очень резкими, малоконтрастными и малоплотными негативами, не имеющими дефектов.

4. Экспонировать с длительной выдержкой, особенно при больших увеличениях.

Промышленность выпускает фотоувеличители, конструктивно оформленные различно. Однако принцип построения изображения у всех типов увеличителей одинаков.

37. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКЦИИ ПРИ ФОТОГРАФИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

Принцип проецирования изображения заключается в том, чтобы пучок света от любой точки негативного изображения, пройдя через объектив, дал ее изображение на экране. Для вывода формул достаточно рассмотреть ход двух лучей в проекционном устройстве: первого — параллельного его оптической оси, второго — проходящего через главные узловые точки $H_{уз}$ и $H'_{уз}$ объектива, лежащие в точках пересечения оптической оси с главными плоскостями объектива.

На рис. 64 точка P на негативе N проецируется объективом O с очень близко расположенными главными плоскостями H и H' в точке P' на экране $Э$. Переднее фокусное расстояние объектива f, заднее — f', причем $f=f'$; его оптическая ось QQ'. Ввиду равенства f и f' во всех формулах используется одно обозначение величины главного фокусного расстояния — f. Расстояния a и b от главных плоскостей объектива соответствуют положению негатива и экрана в проекционном устройстве; c — расстояние между негативом и экраном.

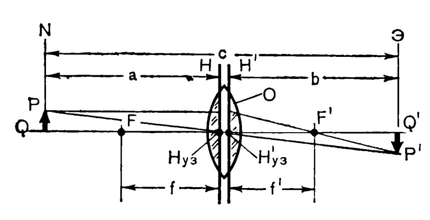


Рис. 64.
Ход лучей в проекционном устройстве

Расстояние *негатив — объектив* (a) и *объектив — экран* (b) связаны между собой и фокусным расстоянием объектива (f) следующей формулой, в которой расстояния между главными плоскостями объектива фотоувеличителя не учитываются из-за малой его величины у объективов, обычно используемых в фотоувеличителях:

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}. \qquad (44)$$

Так как $\frac{1}{f}$ в формуле 44 является величиной постоянной, то и сумма $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}$ также будет постоянной. Следовательно, изменение расстояния a влечет за собой изменение расстояния b, причем, когда a увеличивается, b уменьшается, и наоборот, если b увеличивается, то a уменьшается.

Пользуясь формулой 44, можно найти a, b и f:

$$a=\frac{b\cdot f}{b-f}, \qquad (45)$$

$$b=\frac{a\cdot f}{a-f}, \qquad (46)$$

$$f=\frac{a\cdot b}{a+b}. \qquad (47)$$

Линейное, или поперечное, увеличение изображения на экране ($Г$), т. е. масштаб увеличения, определяется от-

ношением $Q'P'$ к QP, так как треугольники $PH_{уз}\ Q$ и $P'H'_{уз}\ Q'$ подобны:

$$Г = \frac{Q'P'}{QP} = \frac{b}{a}. \qquad (48)$$

При увеличении отношение $b : a$ всегда больше единицы, при уменьшении — меньше ее.

Линейное увеличение также можно определить с помощью приближенной формулы

$$Г = \frac{c}{f} - 2, \qquad (49)$$

где c — расстояние негатива от фотобумаги, f — фокусное расстояние объектива фотоувеличителя. Размеры в миллиметрах.

П р и м е р. Расстояние между негативом и фотобумагой равно 600 *мм*, а $f = 50$ *мм*. В этом случае линейное увеличение будет десятикратным, так как

$$Г = \frac{600}{50} - 2 = 10.$$

Расстояния негатив — объектив (a) и объектив — экран фотоувеличителя (b) часто определяют по нижеприводимым формулам, которые легко вывести из формул 44 и 48. В этом случае

$$a = \frac{f\,[Г + 1]}{Г}, \quad \text{или} \quad a = f\left(1 + \frac{1}{Г}\right), \qquad (50)$$

$$b = f\,(Г + 1). \qquad (51)$$

На практике удобнее пользоваться расстоянием негатива до экрана (c), которое легче измеряется, чем расстояния a и b. На рис. 64 видно, что $c = a + b$. Когда требуется произвести увеличение в определенное число раз ($Г$), то c находят по формуле

$$c = \frac{f\,(Г + 1)^2}{Г}. \qquad (52)$$

П р и м е р. Надо произвести пятикратное увеличение объективом с $f = 50$ *мм*. На каком расстоянии (c) негатив должен находиться от экрана фотоувеличителя?

Подставляя эти данные в формулу 52, получаем, что

$$c = \frac{50\,(5 + 1)^2}{5} = 360 \text{ мм},$$

т. е. между негативом и экраном должно быть 360 *мм*.

В некоторых, хотя и редких, случаях встречается необходимость определить, в каком масштабе сделано увеличение. Его можно найти, пользуясь формулой

$$m = k \pm \sqrt{k^2 - 1}, \qquad (53)$$

где

$$k = \frac{c - 2f}{2f}. \qquad (54)$$

П р и м е р. Предположим, что $c = 588$ *мм*, а $f = 120$ *мм*. Каков масштаб увеличения? Подставляем эти данные в формулу 54, находим

$$k = \frac{588 - 2 \cdot 120}{2 \cdot 120} = 1{,}45,$$

а затем по формуле 53 определяем масштаб изображения:

$$m = 1{,}45 \pm \sqrt{1{,}45^2 - 1} = 1{,}45 \pm 1{,}05.$$

Откуда масштаб равняется $m_1 = 2{,}5$ и $m_2 = 0{,}4$. Первый соответствует увеличению, второй — уменьшению. Так как, согласно условию, производилось увеличение, то его масштаб равен 2,5.

Уменьшение в масштабе $m_2 = 0{,}4$ можно произвести фотоувеличителем, позволяющим значительно удалять объектив от негатива. Расстояние между ними находят по формуле 50. Оно равно 420 *мм*, когда $m_2 = 0{,}4$. Расстояние от экрана до объектива (b) в этом случае составит 168 *мм*.

В табл. 19 даны значения c для объективов с наиболее употребительными фокусными расстояниями. Во второй графе таблицы для уменьшения вычислений приведены значения $\frac{(\Gamma + 1)^2}{\Gamma}$ из формулы 52, которыми надо пользоваться, когда в фотоувеличителе установлен объектив с другим фокусным расстоянием, чем указанное в табл. 19.

П р и м е р. Необходимо получить фотоотпечаток с линейным увеличением в 2,5 раза объективом с $f = 75$ *мм*. На каком расстоянии должен находиться негатив от экрана фотоувеличителя?

Находим в графе «Γ» число 2,5, против которого в графе «$f = 75$» стоит искомое расстояние негатив — экран, равное 367,5 *мм*.

Для приближенного вычисления расстояния от негатива до экрана (c) пользуются табл. 20. Величину главного фокусного расстояния объектива фотоувеличителя берут в миллиметрах.

П р и м е р. Требуется получить фотоотпечаток с ли-

Таблица 19

Расстояние негатива от экрана фотоувеличителя (c) при разном линейном увеличении и разных фокусных расстояниях его объектива. Размеры в *мм*

Линейное увеличение $Г$	Величина c при			
	$\frac{(Г+1)^2}{Г}$	$f=50$	$f=75$	$f=105$
1	4	200	300	420
1,25	4,05	202,5	303,75	425,25
1,5	4,166	208,3	312,5	437,5
1,75	4,321	216,05	324	453,7
2	4,5	225	337,5	472,7
2,5	4,9	245	367,5	514,5
3	5,733	266,6	400	560
3,5	5,888	289,4	434,1	607,75
4	6,25	312,5	468,7	656,3
4,5	6,722	336	504	706
5	7,2	360	540	756
6	8,166	408,3	612,5	857,5
7	9,143	457,1	685	960
8	10,125	506,2	759,4	1063
9	11,111	555,5	833,3	1167
10	12,1	605	907,5	1271

нейным увеличением в 6 раз объективом с $f=90$ *мм*. На каком расстоянии должен находиться негатив от экрана фотоувеличителя?

В графе «$Г$» под цифрой 6 находим выражение $8\frac{1}{6}f$, подставляя в которое величину фокусного расстояния объектива фотоувеличителя, получаем искомое расстояние, равное $8\frac{1}{6}\times 90=735$ *мм*.

Таблица 20

Приближенные расстояния от негатива до экрана фотоувеличителя при разном линейном увеличении

$Г=$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$c=$	$4f$	$4\frac{1}{2}f$	$5\frac{1}{3}f$	$6\frac{1}{4}f$	$7\frac{1}{5}f$	$8\frac{1}{6}f$	$9\frac{1}{7}f$	$10\frac{1}{8}f$	$11\frac{1}{9}f$	$12\frac{1}{10}f$

Иногда для некоторых расчетов необходимо знать величины расстояний объектив — негатив (a) и объектив — экран (b). Они вычисляются с помощью табл. 21.

Пример. Проекционную печать производят с линейным увеличением в 4 раза объективом с $f=50$ *мм*. На каких расстояниях от объектива должны находиться экран и негатив?

Таблица 21

Определение расстояний объектив — негатив и объектив — экран. Размеры в *мм*

Линейное увеличение $Г$ в . . . . раз	Расстояние a	Расстояние b
1	$f\times2$	$f\times2$
1,5	$f\times1,67$	$f\times2,5$
2	$f\times1,50$	$f\times3$
2,5	$f\times1,4$	$f\times3,5$
3	$f\times1,33$	$f\times4$
4	$f\times1,25$	$f\times5$
5	$f\times1,2$	$f\times6$
6	$f\times1,17$	$f\times7$
7	$f\times1,14$	$f\times8$
8	$f\times1,12$	$f\times9$
9	$f\times1,11$	$f\times10$
10	$f\times1,1$	$f\times11$

Экран по данным табл. 21 при таком увеличении должен находиться на расстоянии $b=f\times5=50\times5=250$ *мм*, а негатив — на расстоянии $a=f\times1{,}25=50\times1{,}25=62{,}5$ *мм*.

38. РАССЕЯНИЕ СВЕТА ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ЧЕРЕЗ НЕГАТИВ

При изложении геометрических основ проекции было предположено, что от любой точки негативного изображения все лучи света, пройдя через объектив фотоувеличителя, дают ее изображение на экране. В реальных проекционных системах это условие из-за рассеяния света зернами серебра негативного изображения соблюдается только частично. Степень же рассеяния света негативом зависит от того, освещается ли он *направленным*, *рассеянным* или *диффузно-рассеянным излучением*.

Вид же освещения в основном зависит от сорта стекла колбы электролампы, которая изготовляется из прозрачного, матового, молочного (опалового) стекла.

Электролампа с колбой из *прозрачного стекла* имеет *направленное пропускание*, характеризуемое тем, что ось пропущенного пучка света остается параллельной оси излучаемого пучка света, а его телесный угол не меняется.

Электролампа с колбой из *матированного стекла* обладает *рассеянно-направленным пропусканием*, характеризуемым увеличением телесного угла пучка света после его прохождения через стекло (рис. 65,*а*).

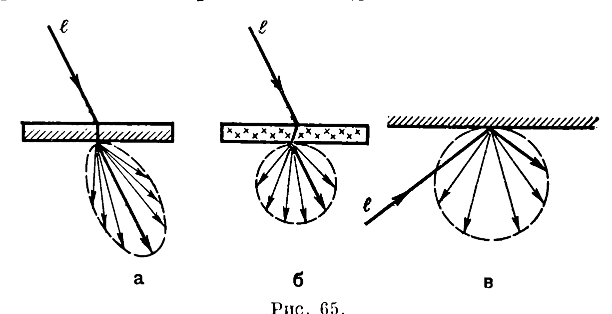


Рис. 65.
Индикатрисы рассеяния света: *а* — матовым, *б* — опаловым стеклами, *в* — матовой поверхностью рефлектора; *l* — луч падающего света. Стрелками показаны рассеянные лучи

Электролампа с колбой из *молочного* или *опалового стекла* дает *диффузно-рассеянное пропускание*, характеризуемое тем, что ее колба приобретает яркость, равную во всех направлениях излучения света (рис. 65,*б*).

Направленный пучок света, проходя через почернение негатива, встречает на своем пути зерна металлического серебра изображения, количество которых пропорционально степени почернения. От этих зерен он многократно отражается в разных направлениях, отчего его интенсивность каждый раз уменьшается из-за частичного поглощения зернами серебра. В результате направленный пучок света выходит из участка негатива частично рассеянным и ослабленным. Однако значительная часть его лучей (и тем большая, чем меньше почернение) пройдет через промежутки между зернами (см. рис. 26) серебра без рассеяния и сохранит свое направление. Таким образом, *направленный пучок света* по выходе из почернения становится *направленно-рассеянным*.

Если у такого пучка *и* света измерить лучи, вышедшие из почернения, то их интенсивность можно изобразить в

виде диаграммы, представленной на рис. 66. Слева на нем прямыми линиями показаны лучи света, падающие направленно на почернение. Для наглядности выделим из них чрезвычайно узкий пучок лучей и обозначим его F_0. Проходя через негативный слой, он рассеивается, причем некоторая часть света, пропущенная почернением, пойдет в направлении, показанном самой длинной стрелкой *1*.

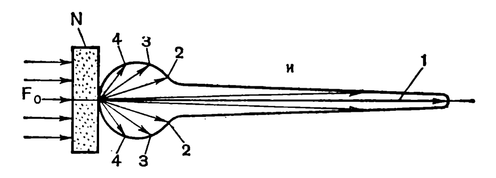


Рис. 66.
Индикатриса рассеяния света *и* негативом *N* при освещении его направленным светом F_0

Эта часть света является продолжением падающего луча F_0. В направлении стрелок *2*, симметричных по отношению к стрелке *1*, свет рассеивается меньше. Количество света, рассеянного в направлениях, обозначенных стрелками *3*, еще меньше и т. д. Соединяя концы стрелок, получим кривую в виде колбы с сильно вытянутой шейкой. Она характеризует рассеяние направленного света почернениями негатива. Такая кривая называется *индикатрисой рассеяния*.

При освещении негатива рассеянным пучком света, содержащего значительный процент направленных лучей, его состав после выхода из почернения изменяется мало. Уменьшается только его интенсивность из-за поглощения света серебром изображения.

В случае освещения негатива *диффузно-рассеянным пучком* света он по выходе из почернения будет также *диффузно-рассеянным*, отчего индикатриса его рассеяния примет вид полуокружности (рис. 67).

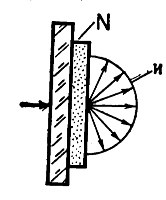


Рис. 67.
Индикатриса рассеяния света *и* при освещении негатива *N* диффузно-рассеянным светом

Пучок света, вышедший из почернения, называется *интегральным* (F_{Σ}). Он состоит из двух потоков: *направленного*, или *регулярного* ($F_{\parallel}$), лучи которого сохранили первоначальное направление пучка, падавшего на почернение (F_0), и *рассеянного*, или *диффузного* ($F_{\nparallel}$), лучи которого изменили свое первоначальное направление. Таким образом: $F_{\Sigma} = F_{\parallel} + F_{\nparallel}$. Если почернения негатива

измерять, освещая их направленным пучком света, то их оптические плотности будут больше по сравнению с плотностями, измеренными при освещении почернений диффузно-рассеянным пучком света.

39. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ФОТОУВЕЛИЧИТЕЛЕЙ

В § 37 было установлено, что для образования изображения при проекционной печати необходимо, чтобы объектив фотоувеличителя проецировал негатив на экран. Для этого негатив освещают каким-либо источником света, расположенным перед негативом на некотором расстоянии. Световой поток, пройдя через негатив, проецируется объективом на экран фотоувеличителя.

Если источник света установить, как показано на рис. 68, то яркость негативного изображения на экране

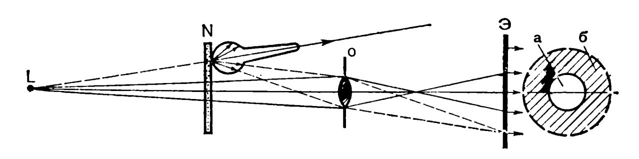


Рис. 68.
Схема освещения негатива *N* направленным светом от точечного источника света *L*. Объектив фотоувеличителя *O* создает на экране *Э* неравномерную освещенность, которая в центральной его части (*а*) будет большой, а на его периферии — незначительной (*б*)

будет очень неравномерной: наибольшей — в его центре и наименьшей — на остальной его части.

Значительная неравномерность яркости изображения на экране вызывается тем, что центральная часть негатива проецируется прямыми лучами источника света. Они составляют световой конус, основанием которого является зрачок объектива, а вершиной — источник света *L*. Эти лучи света дадут на экране яркое изображение центральной части негатива (*а*). Остальные лучи, испускаемые источником света, не попадают в зрачок объектива и, следовательно, непосредственно не участвуют в образовании изображения на экране. Но, проходя через почернения негатива, они рассеиваются зернами металлического серебра. Только незначительная часть диффузно-рассеянных лучей, показанных пунктиром, будет направлена к объективу, которым и проецируется на экран фотоуве-

личителя, создавая на нем изображение с весьма малой яркостью (*б*). Ход одного из диффузно-рассеянных лучей на рис. 68 показан пунктиром.

Неравномерность освещенности экрана фотоувеличителя уменьшается, если его освещать диффузно-рассеянным светом, который получают, применяя электролампу с колбой из молочного или опалового стекла и рассеиватель из такого же стекла, располагая его между негативом и источником света. Наибольшую же равномерность экрана дает конденсор, помещенный между негативом и электролампой.

Источник света, рассеиватель света и конденсор являются осветительной системой, а негатив, объектив и экран — изображающей системой. Конструктивно осветительная система и объектив объединяются в один узел — *проекционный фонарь*, или *проектор*, который располагают по отношению к экрану вертикально или горизонтально. Первые фотоувеличители называются *вертикальными*, вторые — *горизонтальными*.

Фотоувеличитель с рассеянным светом. У таких фотоувеличителей рассеивание света производится опаловым, молочным или матовым стеклом, помещенным между источником света и негативом (рис. 69, *а*), или белой матовой поверхностью рефлектора, расположенного над негати-

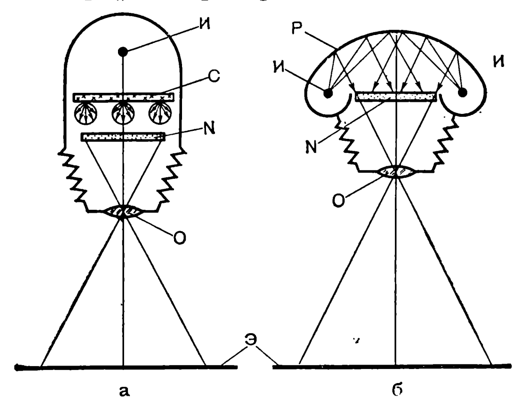


Рис. 69.
Схемы фотоувеличителей с рассеянным светом: *И* — источник света, *N* — негатив, *О* — объектив, *Э* — экран, *С* — рассеиватель и *Р* — рефлектор

вом (рис. 69, *б*). Рассеиватель света должен быть больше формата негатива на 1,5—2 *см* — иначе его невозможно осветить равномерно.

Расстояние источника света от негатива — второе условие, обеспечивающее равномерность освещения. Это расстояние должно равняться 1,5—2 диагоналям негатива. Например, для кадра 24×36 *мм* оно составляет при одной электролампе в фотоувеличителе от 6,5 до 8,6 *см*.

Негативы большого формата освещают двумя или четырьмя электролампами. Чем больше ламп в осветителе, тем ближе к рассеивающей среде их можно помещать, так как диагональ площади, освещаемой каждой лампой, будет тем меньше, чем больше ламп. Это увеличит освещенность негатива и, следовательно, яркость его изображения на экране фотоувеличителя.

Фотоувеличители с рассеивателем из опалового или молочного стекла дают более рассеянный свет по сравнению с фотоувеличителем с рассеивателем из матового стекла. На степень рассеивания значительное влияние оказывает и сорт стекла: сплошное молочное стекло является лучшим рассеивателем по сравнению с молочным накладным стеклом; грубозернистое матовое стекло — лучший рассеиватель, чем мелкозернистое, особенно матированное плавиковой кислотой. Чем толще стекло, тем выше рассеивание. Однако тем менее ярким будет проецируемое изображение. Поэтому стекла толще 3 *мм* применять не следует.

Даже при использовании в фотоувеличителях в качестве рассеивателей молочного или опалового стекла освещенность экрана в центре все же будет больше, чем на краях. Разность в их освещенности может доходить до 15%, когда электролампы близко расположены к рассеивателю.

Равномерность освещенности экрана значительно улучшается, если на негатив поступает световой поток, отраженный от рефлектора. Для увеличения отражательной способности рефлектора его поверхность, обращенную к негативу, окрашивают матовой белой клеевой краской, сернокислым барием или жженой магнезией (окисью магния). Коэффициент отражения этих покрытий весьма велик и соответственно составляет: 0,73—0,80; 0,95 и 0,96. Чем больше коэффициент отражения покрытия рефлектора, тем выше будет освещенность негатива при данном источнике света. Свет, отражаемый матовой белой поверхностью, является почти идеально диффузным (см. рис. 65, *в*).

Кроме того, фотоувеличители этого типа: а) значительно уменьшают зернистость позитивного изображения

по сравнению с конденсорным фотоувеличителем, что позволяет делать очень большие увеличения, и б) скрадывают мелкие механические дефекты на негативе, что является их достоинством. Слабая освещенность экрана, требующая длительной выдержки,— их недостаток.

Отечественная промышленность выпускает фотоувеличительные приставки УПЛ-3 для фотоаппаратов «Смена» всех типов и «Любитель-57» для фотоаппарата «Любитель-2». Рассеяние света у них производится молочным стеклом, которое не обеспечивает равномерную осве-

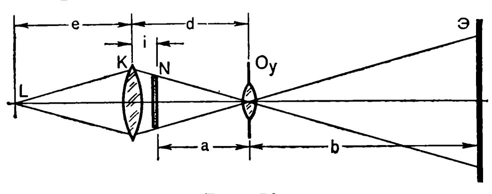


Рис. 70.
Принципиальная схема конденсорного фотоувеличителя

щенность экрана,— она очень быстро падает от его центра к краям. Пределы увеличения приставок: УПЛ-3 — от 2,5 до 10 крат, «Любитель-57» — от 1,5 до 3,5 крат.

Фотоувеличители с диффузно-рассеянным светом отечественная промышленность не выпускает.

Фотоувеличитель с направленным светом. Направленное освещение в фотоувеличителе осуществляется конденсором, простейшим из которых является обычная двояковыпуклая линза.

Конденсорный фотоувеличитель (рис. 70) состоит из двух оптических систем: *негатив — объектив — экран* и *источник света — конденсор — объектив*.

Взаимосвязь расстояний a, b и фокусного расстояния объектива фотоувеличителя установлена в § 37. Выведенные формулы показывают, что расстояния a и b зависят от степени линейного увеличения (Γ) и фокусного расстояния объектива фотоувеличителя (O_y) и не зависят от фокусного расстояния конденсора (K) и положения источника (L) относительно конденсора. Однако на качество увеличенного позитивного изображения сильно влияет правильное отношение расстояний *источник света — конденсор* (e) и *конденсор — объектив фотоувеличителя* (d) (см. рис. 70). Рассмотрим этот вопрос.

При некотором линейном увеличении экран увеличителя (*Э*) отстоит от объектива на расстоянии b, а объектив

от негатива (N) — на расстоянии a. В этом случае объектив находится от конденсора на расстоянии d, равном $a+i$, где i — расстояние от негатива до плоскости, проходящей через центр конденсора (такое допущение не вносит большой ошибки в расчет). Чтобы источник света проецировался в зрачок объектива фотоувеличителя, он должен находиться от конденсора на расстоянии e. В этом случае световой поток полностью заполнит зрачок объектива, что обеспечит максимальную и равномерную освещенность экрана фотоувеличителя.

Расстояние e не является постоянным. Оно изменяется в зависимости от величины линейного увеличения по следующему правилу.

Чем больше линейное увеличение снимка, тем дальше от конденсора находится источник света; чем меньше увеличение, тем ближе к конденсору располагается источник света.

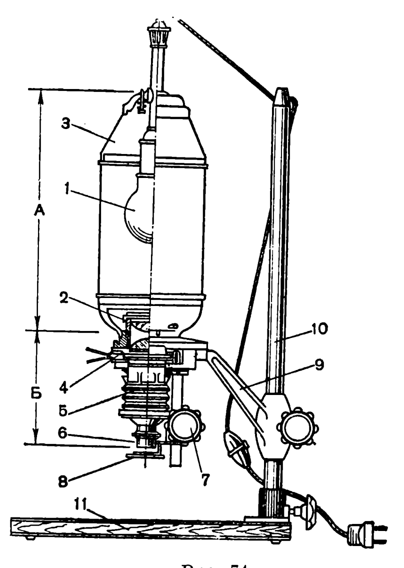


Рис. 71.
Основные узлы конденсорного фотоувеличителя

П р и м е р. Печатают с линейным увеличением в 4 и 10 раз малоформатный негатив фотоувеличителем, фокусные расстояния объектива и конденсора которого соответственно равны 50 и 45 *мм*. Толщина конденсора 40 *мм*, т. е. $i=20$ *мм*. На каких расстояниях должен находиться источник света от конденсора?

По формуле 50 находим, что при линейном увеличении в 4раза $a_4=62{,}5$ *мм*, а при увеличении в 10 раз $a_{10}=55$ *мм*. В первом случае $d_4=62{,}5+20=82{,}5$ *мм*, во втором $d_{10}=$ $=55+20=75$ *мм*. По формуле 45 находим, что источник света должен находиться на расстоянии

$$e_4=\frac{d\cdot f_к}{d-f_к}=\frac{82{,}5\times45}{82{,}5-45}=99 \text{ мм и}$$

$$e_{10}=\frac{75\times45}{75-45}=112{,}5 \text{ мм}.$$

На рис. 71 дан схематический чертеж наиболее распространенного типа конденсорного увеличителя. Основными элементами его проекционного фонаря являются: *осветительное устройство А*, состоящее из передвигаемого источника света *1* и конденсора *2*, заключенных в светонепроницаемый кожух *3*, и *Б* — *проекционное устройство*, состоящее из рамки для негатива *4*, камеры *5* с объективом *6* и приспособления для наводки изображения на резкость *7*. Под объективом установлен защитный светофильтр *8*, отводимый в сторону во время экспонирования.

Проекционный фонарь посредством кронштейна с муфтой *9* устанавливается на стойке *10*, по которой он может передвигаться вверх и вниз. Стойка *10* крепится к экрану *11* в вертикальном положении, реже — под некоторым углом.

40. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ФОТОУВЕЛИЧИТЕЛЯ

Ниже кратко рассматриваются требования, предъявляемые к конденсору, источнику света, объективу, узлу фокусирования, рамке для негатива и экрану конденсорного фотоувеличителя.

Типы конденсоров. Конденсор представляет собой положительную оптическую систему. Он изготовляется одно-, двух- и трехлинзовым. При расчете конденсора для фотоувеличителя у него до минимума уменьшают только сферическую аберрацию, так как другие оптические аберрации не оказывают существенного влияния на качество проецируемого изображения. Сферическая аберрация у однолинзовых конденсоров бывает наибольшей, у двухлинзовых — средней, а у трехлинзовых — незначительной.

Наиболее простым конденсором является плоско-выпуклая линза, которую используют чаще, чем двояко-выпуклую, из-за меньшей величины сферической аберрации. Однолинзовые конденсоры, хотя и имеют бо́льшую сферическую аберрацию, чем многолинзовые, зато в них теряется меньше света, поскольку прохождение каждой поверхности стекло — воздух связано с потерей примерно 4% светового потока.

Самым распространенным конденсором является двухлинзовый. Он состоит из двух плоско-выпуклых линз, обращенных выпуклостями друг к другу. Расстояние между их вершинами обычно составляет 3—4 *мм*. Радиусы

кривизны сферических поверхностей линз могут быть одинаковыми и разными.

Конденсор характеризуется величиной диаметра линз, углом охвата и фокусным расстоянием.

Диаметр линз конденсора зависит от формата негатива, для которого предназначен фотоувеличитель. Для негативов 24×36 *мм* он равен 50—55 *мм*; $4,5\times6$ *см*—80—90 *мм*; 6×9 *см*—110—115 *мм* и 9×12 *см*—150—160 *мм*.

Угол охвата конденсора представляет собой телесный угол α, охватывающий световой поток, излучаемый источником света. Его основанием служит линза конденсора, вершиной — источник света. Чем больше угол охвата конденсора, тем ближе к нему можно расположить источник света и, следовательно, тем большей будет освещенность экрана фотоувеличителя. У однолинзовых конденсоров угол охвата составляет 30—40°, у двухлинзовых—45—50°, а у трехлинзовых достигает 75—80° (рис. 72).

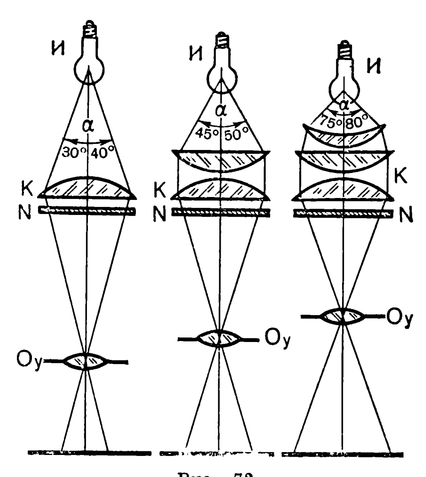


Рис. 72.
Величины углов охвата (α) у одно-, двух- и трехлинзового конденсоров: *И*—источник света, *К* — конденсор, *N* — негатив и $O_у$ — объектив фотоувеличителя. Фокусное расстояние у всех конденсоров разной величины

Фокусное расстояние конденсора находится в обратной зависимости от его угла охвата. Таким образом, фокусное расстояние у однолинзового конденсора будет наибольшим, а у трехлинзового—наименьшим. Фокусное расстояние конденсора должно быть меньше, чем фокусное расстояние объектива фотоувеличителя, так как это уменьшит размеры осветительного устройства и увеличит освещенность экрана.

Фокусное расстояние двухлинзового конденсора ($f_к$), состоящего из одинаковых плоско-выпуклых линз, равно

$$f_к = \frac{f^2}{2f-d}, \qquad (55)$$

где f — фокусное расстояние линз, d — расстояние между их вершинами.

Если линзы конденсора имеют разные фокусные расстояния, то $f_к$ определяют по формуле

$$f_к = \frac{f_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2 - d}, \qquad (56)$$

где f_1 и f_2 — фокусные расстояния линз, а d — расстояние между их вершинами. Все размеры в миллиметрах.

Фокусное расстояние конденсора всегда меньше фокусного расстояния каждой из линз, его составляющих.

Из формул 55 и 56 ясно, что двухлинзовый конденсор не следует превращать в однолинзовый, например, когда одна из его линз разбита или сильно поцарапана, так как от этого его фокусное расстояние увеличится, а угол охвата уменьшится, что понизит освещенность экрана. К однолинзовому конденсору вторую линзу можно добавить только в том случае, если тубус объектива или мех фотоувеличителя позволит приблизить объектив к негативу на расстояние, компенсирующее уменьшение фокусного расстояния у нового конденсора.

Линзы конденсоров не должны иметь царапин, сколов и внутренних дефектов стекла, так как они получаются на позитиве в увеличенном виде.

Со временем на плоской поверхности линзы, обращенной к рамке для негативов, могут появиться царапины. В этом случае линзы конденсора меняют местами, предварительно равномерно отматировав поцарапанную поверхность линзы очень мелким наждаком.

Большое значение имеет правильное крепление линз в оправе конденсора. Ее конструкция должна быть такой, чтобы линзы не испытывали никаких натяжений, вызываемых более быстрым охлаждением оправы сравнительно со стеклом, т. е. между оправой и линзами должен быть небольшой зазор.

Источник света. В фотоувеличителях в качестве источников света применяются электролампы накаливания типа НГ и НБ с нормальным цоколем с колбой из прозрачного, матового или молочного стекла. Электролампы для фотографии типа СЦ-50—СЦ-53, называемые в обиходе фотолюбителями «перекалками», используются реже из-за сильного нагревания ими корпуса осветителя и объектива фотоувеличителя. Перегрев первого вызывает коробление фотопленки, а второго — нарушение коррекции объектива. Коробление фотопленки дает нерезкость некоторых участков на изображении, а нарушение коррекции объектива — его общую небольшую нерезкость. Как пер-

вая, так и вторая нерезкости неустранимы дополнительным фокусированием на резкость до охлаждения проекционного фонаря. Для чего приходится на некоторое время прекращать работу на фотоувеличителе.

Лампы типа СЦ целесообразно применять, когда печатают очень плотный негатив. В этом случае мощный световой поток, излучаемый ими, позволяет значительно сократить выдержку при печати и одновременно улучшить качество позитива.

Спектральный состав излучения нормальных осветительных ламп (НГ и НБ) и фотоламп (СЦ-50 — СЦ-53) различен. Их цветовая температура в градусах Кельвина (°К) при нормальном напряжении в сети (127 и 220 *в*) составляет у первых 2700—3000° К, у вторых —3280—3450° К. Спектральный состав излучения зависит от напряжения в сети: падение или повышение напряжения на один процент влечет за собой уменьшение или увеличение цветовой температуры у нормальных электроламп на 11—12° К, у фотоламп — на 14,5—15° К.

Чем выше цветовая температура излучения электролампы, тем более актиничным будет световой поток, тем более короткой выдержкой можно пользоваться при печати. Повышение актиничности излучения вызывается тем, что с ростом цветовой температуры источника света в его излучении увеличивается процент коротковолновых лучей, к которым наиболее светочувствителен позитивный фотоматериал. Кроме того, в этом случае несколько улучшится передача мелких деталей на позитиве.

Чем меньше цветовая температура, тем больше длинноволновых лучей содержит световой поток, тем продолжительнее будет выдержка. Поэтому, печатая плотный негатив, надо повышать цветовую температуру источника света, а печатая прозрачный негатив — понижать ее.

Как указывалось выше, конденсор проецирует источник света в зрачок объектива в натуральную величину, поэтому размер волосков электролампы с прозрачной колбой не должен превышать диаметра зрачка объектива. Чем больше действующее отверстие объектива, тем более мощной может быть электролампа. Если объектив фотоувеличителя имеет небольшое действующее отверстие, то применять мощную электролампу не следует, так как в этом случае конденсор не в состоянии (при обычном соотношении расстояний между источником света, конденсором и объективом) спроецировать световую площадку во входной зрачок объектива. На возможно полное исполь-

зование светового потока, излучаемого обычными электролампами, также влияет форма нити накала. Для этой цели наиболее подходят электролампы, у которых волоски сконцентрированы в малом объеме.

Можно также применять источник света с короткой прямой или слегка изогнутой нитью накала. Электролампами с нитями накала подковообразной или почти круглой формы пользоваться не следует, если их размеры превышают размер входного зрачка объектива увеличителя. Этот вопрос будет более подробно рассмотрен при изложении роли диафрагмы объектива фотоувеличителя.

Электролампы с W-образной нитью накала мало пригодны для увеличения, так как они имеют наименьшее светопропускание в сторону объектива фотоувеличителя по сравнению со светоиспусканием в других направлениях.

Форма колбы электролампы не оказывает существенного влияния на равномерность освещенности экрана. Требуется только, чтобы стекло ее сферы, обращенной к объективу фотоувеличителя, не имело волнистости, полос, каких-либо включений, надписей и т. п., так как наличие их даст темные полосы или пятна на позитиве. Надо заметить, что стекло колбы может иметь внутренние натяжения, обнаружить которые можно только следующей проверкой: электролампу ввертывают в патрон осветителя фотоувеличителя и, освещая ею лист белой бумаги, положенной на экран, устанавливают, нет ли на нем темных полос. Проверку производят в затененном помещении.

У электролампы с колбой хорошего качества надписи смывают 5—10%-ным раствором соляной кислоты.

Электролампу с прозрачной колбой применяют при печати направленным светом, например репродукций книжного текста. В остальных случаях пользуются электролампой с колбой из молочного или опалового стекла.

Объектив для увеличения. Такой объектив представляет собой специально коррегированную оптическую систему, предназначаемую для проецирования негатива, расположенного на небольшом расстоянии.

Отечественная промышленность изготовляет объективы для фотоувеличителей типа «Индустар», обозначая их, в отличие от съемочных объективов, буквой «У». Для негативов форматом 24×36 *мм* выпущено два объектива: «Индустар-22У-1» (И-22У-1) и «Индустар-50У-1» (И-50У-1). Их оптические параметры одинаковы и характеризуются следующими величинами: $f = 50$ *мм*, относительное отверстие 1 : 3,5, разрешающая сила в центре поля 60 *лин/мм*,

а на его краях — 20 *лин/мм*. Такая разрешающая сила объектива вполне достаточна для получения увеличений до масштаба 1 : 15. Для негативов форматом 60×70 *мм* и 60×90 *мм* предназначен «Индустар-23У» (И-23У) с оптическими параметрами: $f=110$ *мм*, относительное отверстие 1 : 4,5, разрешающая сила в центре изображения 25 *лин/мм*, на краях — 12 *лин/мм*.

Увеличение можно производить и объективом от фотоаппарата. Однако этого лучше не делать, так как при частой перестановке объектива можно повредить резьбу на его оправе.

В последнем случае надо руководствоваться следующими соображениями.

1. Для фотоувеличителя с рассеянным светом пригоден любой тип объектива, а для конденсорного — только анастигмат. Это требование вызвано тем, что при диффузно-рассеянном освещении возможно любое диафрагмирование объектива с целью улучшения его оптических свойств, без нарушения равномерности освещенности экрана. При направленном освещении сильное диафрагмирование часто нарушает равномерность освещенности экрана.

2. До 15-кратного увеличения пригоден анастигмат любого типа. При большем увеличении лучше пользоваться симметричным анастигматом.

3. Фокусное расстояние объектива для фотоувеличителя должно равняться фокусному расстоянию основного, или «нормального», объектива фотоаппарата или мало от него отличаться. Как известно, оно примерно соответствует диагонали формата негатива.

4. Для увеличений обычно используют объектив с нормальным углом изображения, равным 45—65°. Пользоваться для этой цели короткофокусным объективом не рекомендуется из-за сильного падения освещенности на краях экрана. Его можно применять только в том случае, когда размер помещения не позволяет получить нормальным объективом очень большое увеличение. Длиннофокусный объектив также мало пригоден, так как он позволяет делать увеличение только с небольшим линейным увеличением.

В обоих случаях надо по формулам 45 и 50 проверить, возможна ли проекция конденсором фотоувеличителя источника света в зрачок объектива фотоувеличителя. Чаще всего ответ будет отрицательным.

Следует заметить, что угол изображения объектива фотоувеличителя, в противоположность съемочному, не

влияет на перспективу увеличиваемого изображения, так как плоское негативное изображение проецируется на плоскую поверхность — фотобумагу.

5. Относительное отверстие объектива для увеличения не должно превышать 1 : 3,5, так как разрешающая сила у более светосильного объектива обычно меньше, что отрицательно сказывается на передаче мелких деталей негатива.

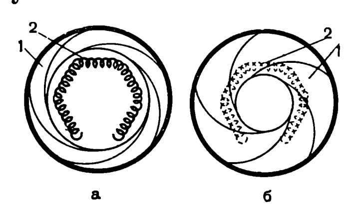


Рис. 73.
Влияние диафрагмирования на яркость экрана при направленном освещении: *а* — диафрагма *1* не закрывает изображение нити накала электролампы; *2* —освещенность экрана большая; *б* — изображение нити закрыто диафрагмой—освещенность экрана очень незначительная, хотя относительное отверстие объектива еще достаточно велико

Надо помнить, что роль относительного отверстия при проекции в ряде случаев несколько иная, чем при съемке, поэтому правило «Чем больше относительное отверстие, тем выше освещенность изображения» справедливо только тогда, когда источник света, проецируемый конденсором, полностью заполняет зрачок объектива.

Если источник света мал, например для увеличения применяется точечная лампа, то освещенность экрана и, следовательно, его яркость будут одинаковыми независимо от того, используется объектив с большим или малым относительным отверстием. Это объясняется тем, что площадь изображения тела накала электролампы будет меньше площади зрачка объектива фотоувеличителя. Диафрагмирование объектива в этом случае не уменьшит яркость экрана до тех пор, пока лепестки диафрагмы не станут срезать изображение волосков накала электролампы. Как только это произойдет, яркость экрана сразу резко упадет. Это явление наблюдается и при неточечном теле накала электролампы, например когда оно подковообразное. Чем больше диаметр тела накала, тем быстрее диафрагмирование уменьшит яркость экрана (рис. 73).

Следовательно, для конденсорных фотоувеличителей имеет место следующее правило: *освещенность экрана фотоувеличителя зависит не столько от величины относительного отверстия объектива, сколько от степени заполнения его зрачка изображением тела накала электролампы.*

Это правило справедливо, когда экспонируют только направленным светом. Если оно производится диффузно-рассеянным светом, то освещенность экрана прямо пропорциональна квадрату действующего относительного отвер-

стия объектива фотоувеличителя. В этом случае, как и при фотосъемке, диафрагмирование объектива на одно деление диафрагмы уменьшит освещенность экрана в два раза.

6. Посадочная резьба оправы объектива для отечественных фотоувеличителей М39×1. Объективы со штыковой (байонетной) оправой для них не подходят.

7. Качество приобретенного объектива проверяют по фотоотпечатку, полученному с максимальным линейным увеличением с так называемого *определителя резкости* или *контрольной сетки* (см. ниже).

8. Если объектив хороший, то увеличение определителя резкости должно быть четким на всей площади фотоотпечатка. Сильная нерезкость на его краях при хорошей резкости центральной части указывает на недостаточную разрешающую силу объектива на краях его поля изображения. Такой объектив для увеличения непригоден.

9. Когда нерезким выходит какой-либо один край увеличенного изображения определителя резкости, то это означает, что объектив укреплен в фотоувеличителе с перекосом или что плоскость экрана не параллельна негативу. Чтобы установить причину нерезкости, объектив повертывают в кольце крепления на $^1/_2$ оборота и вновь устанавливают изображение на резкость. Если объектив установлен в фотоувеличителе с перекосом, то нерезкая часть изображения должна переместиться на 180° от своего первоначального положения. Если нерезким оказывается тот же участок изображения, что и до поворота объектива, то это указывает на непараллельность плоскости экрана негативу.

Если объектив установлен в проекционной камере с перекосом, то его вывертывают и, если резьба не сорвана или не сбита, вновь ввертывают в правильном положении. При непараллельности экрана плоскости негатива под одну из сторон основания стойки укладывают прокладки до тех пор, пока стойка не станет строго вертикальной.

Определитель резкости. Он представляет собой тест-объект на фотопленке размером 6×9 *см* или 24×36 *мм*, состоящий из тонких и толстых черных линий разной конфигурации, разделенных светлыми промежутками (рис. 74). Определитель резкости изготавливают фотографическим способом на позитивной фотопленке.

Вместо определителя резкости с успехом можно пользоваться контрольной сеткой, которую легко сделать самому. Ее изготавливают, например, на кусочке перфорированной позитивной не экспонированной фотопленки,

размером в 3—4 кадра, которую предварительно фиксируют в темноте до полного растворения галогенида серебра светочувствительного слоя, промывают и высушивают. Затем в средней части вычерчивают черной тушью 5—6 вписанных прямоугольников, начиная с размера 24×36 *мм*, через которые проводят две диагонали. Определитель резкости и контрольную сетку хранят в конверте или в футляре, так как потертость желатинового слоя уменьшает четкость линий при увеличении.

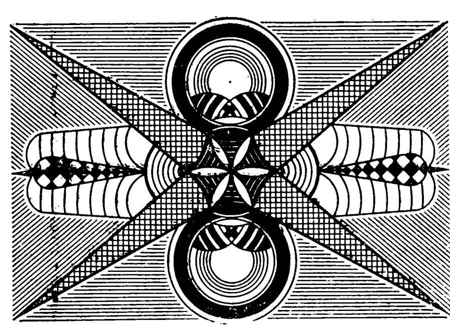


Рис. 74.
Определитель резкости

Система наводки изображения на резкость. Ее назначение — получение резкого изображения на экране. Она состоит из двух устройств. Первое служит для установки проектора фотоувеличителя на расстояние от экрана, обеспечивающее необходимое линейное увеличение фотоотпечатка. Вторым производят фокусирование на резкость увеличиваемого негативного изображения.

Перемещение проектора относительно экрана фотоувеличителя производится с помощью одного из следующих устройств.

1. Шарнирной подвески на качающихся кронштейнах, действующих по принципу подвижного параллелограмма. Она крепится к стойке фотоувеличителя неподвижно, например у «Ленинграда-ФУ-3» (рис. 75), или к подвижной скользящей муфте, например у «Невы-3М». Для уравновешивания тяжести проектора, а следовательно, облегчения его перемещения шарнирная подвеска снабжена мощной пружиной.

2. Фрикционной передачи, состоящей из ролика, плотно входящего в прорезь прямоугольного сечения, отфрезерованную вдоль стойки фотоувеличителя, или ролика, плотно охватывающего направляющий выступ вдоль стойки фотоувеличителя (рис. 76). Ролик, вращаемый рукояткой, плавно перемещает проектор на нужное расстояние от экрана.

3. Скользящей муфты, передвигаемой по стойке и за-

крепляемой на ней стяжным или упорным винтом (рис. 77). Она обеспечивает наиболее устойчивое положение проектора, но неудобна в работе, так как проектор приходится перемещать вручную, отчего трудно устанавливать его в нужном положении.

Фокусирование на резкость негативного изображения осуществляется одним из следующих устройств.

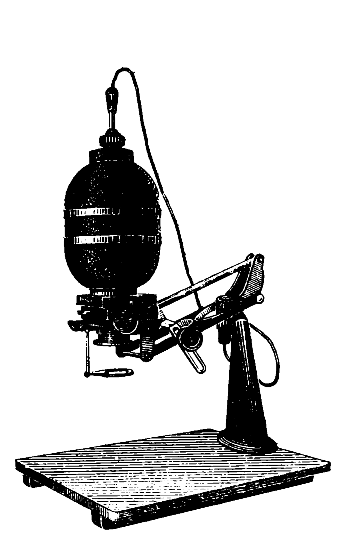


Рис. 75.
Фотоувеличитель «Ленинград-ФУ-3». Перемещение проектора вверх и вниз производится шарнирной подвеской. Фокусирование на резкость — многозаходной винтовой оправой

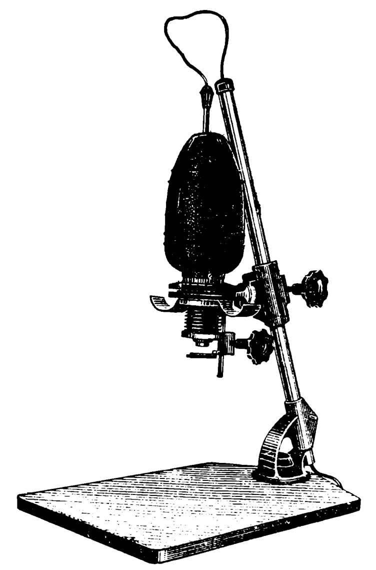


Рис. 76.
Фотоувеличитель «Москва». Перемещение проектора вдоль стойки и фокусирование на резкость производятся фрикционной передачей

1. Винтовой многозаходной оправой, в которой укреплен объектив фотоувеличителя. Применяется в фотоувеличителях с проекционной камерой жесткой конструкции, например «Ленинград-ФУ-3» (см. рис. 75). Такое устройство позволяет быстро и достаточно точно фокусировать на резкость.

2. Салазками, жестко соединенными с объективом фотоувеличителя и передвигаемыми фрикционным устройством вверх или вниз по двум вертикальным колонкам. Такая конструкция фокусирования обеспечивает плавное перемещение объектива фотоувеличителя на любое, самое небольшое расстояние. Им снабжены, например, фотоувеличители «Москва» и «Нева-3М» (рис. 76 и 77).

У некоторых типов фотоувеличителей установка на резкость автоматизирована и осуществляется с помощью лекала, по которому скользит рычаг, связанный с объективом проектора. При перемещении проектора по стойке фотоувеличителя вверх или вниз для получения изображения в требуемом масштабе рычаг фокусирующего устройства скользит по лекалу, удаляя или приближая объектив к негативу, обеспечивая тем самым точную наводку на резкость.

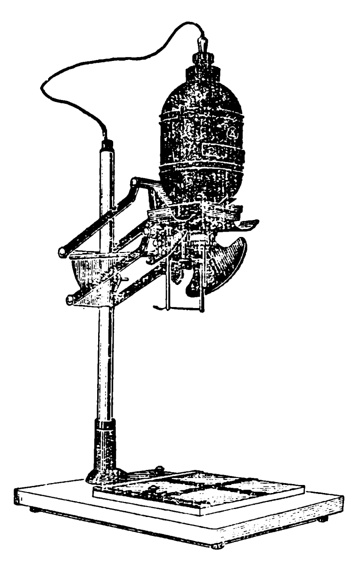


Рис. 77.
Фотоувеличитель «Нева-3М». Перемещение проектора вверх и вниз производится шарнирной подвеской, прикрепленной к скользящей муфте. Фокусирование на резкость — автоматическое

Фотоувеличители с автоматической фокусировкой удобны в работе, так как ускоряют получение резкого позитива в любом масштабе, предусмотренном длиной лекала. Таким фотоувеличителем является «Нева-3М».

Рамка-держатель для пленочных негативов. Ее назначение — устранение прогиба, всегда имеющегося у пленочного негатива, так как только со строго плоского негатива можно получить резкое по всему полю увеличенное изображение.

Хорошая рамка-держатель должна состоять из двух шлифованных зеркальных стекол с отполированными фасками, зажимного устройства и двух лотков для свободных концов фотопленки. Рамка-держатель негатива без зеркальных стекол не обеспечивает удовлетворительного выпрямления фотопленки, и применять ее не следует.

Небрежно изготовленная рамка-держатель служит причиной образования на негативе продольных царапин, устранять которые ретушью на позитиве очень трудно. Поэтому, приобретая фотоувеличитель, надо проверить, нет ли на ней заусенцев, острых выступов, сколов или полос на ее окраске.

Экран. Обычно делается из дерева и должен быть достаточно массивным, чтобы обеспечить устойчивость фотоувеличителя. Экран не должен рассеивать свет, падаю-

щий на него из проектора, так как при длительной выдержке такой свет, отражаясь от стены и деталей фотоувеличителя, может слегка вуалировать фотобумагу. Если экран у фотоувеличителя светлого цвета и полированный, то его рекомендуется окрасить черной матовой краской.

Общая характеристика конденсорных фотоувеличителей. Преимущества таких фотоувеличителей следующие.

1. Они дают бо́льшую освещенность экрана, что позволяет при печати экспонировать с относительно короткой выдержкой, что особенно важно, когда увеличивают в крупном масштабе.

2. Позволяют пользоваться электролампой средней мощности, что уменьшает при длительной работе нагрев проектора и тем самым устраняет коробление пленочного негатива, отчего резкость изображения на фотоотпечатке улучшается.

Недостатки этих фотоувеличителей следующие.

1. Повышение контрастности и макрозернистости позитивного изображения по сравнению с изображением, полученным бесконденсорным фотоувеличителем.

2. Очень отчетливая передача на фотоотпечатке дефектов негатива: царапин, различного рода включений на его эмульсионном слое, захватов пальцами, жировых пятен и т. д. Эти дефекты видны особенно отчетливо, если источник света фотоувеличителя установлен неправильно или при печати сильно задиафрагмирован объектив.

41. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ФОТОУВЕЛИЧИТЕЛЕЙ

Ниже описываются наиболее распространенные фотоувеличители. Они разделяются на три группы.

1. Фотоувеличители для печати только малоформатных негативов.

2. Фотоувеличители без сменного конденсора с вкладышами, позволяющими печатать негативы меньшего формата, чем основной, на который рассчитан фотоувеличитель.

3. Универсальные фотоувеличители со сменными конденсорами и переходными вкладышами для печати негативов разных форматов.

Все три группы фотоувеличителей — настольные, вертикальные.

Фотоувеличители для малоформатных негативов. К этой группе относятся: «Смена» всех моделей, «Ленинград-2» и «Ракета».

Все эти фотоувеличители имеют двухлинзовый конденсор, их проектор рассчитан на электролампу типа НГ или НБ мощностью от 60 до 109 *вт.* Они выпускаются в продажу без объектива, который приобретается дополнительно. Только фотоувеличитель «Ракета» снабжен объективом И-22У-1 с относительным отверстием 1 : 3,5 и фокусным расстоянием 50 *мм.* У всех этих фотоувеличителей стойка для проектора установлена перпендикулярно к экрану, за исключением фотоувеличителей «Москва» и «Ракета», у которых она наклонена к нему под некоторым углом, что увеличивает устойчивость проектора.

Рамка-держатель негатива у этих фотоувеличителей — металлическая выдвижная с верхним покровным стеклом, кроме «Ленинграда», который снабжен пластмассовой выдвижной рамкой-держателем негатива без покровного стекла, что является существенным недостатком этого фотоувеличителя.

Кратность линейного увеличения: «Смена-1» и «Смена-2» — от 1,8 до 8×; «Смена-2У5» — от 2,5 до 7,5×; «Ракета» — от 1,8 до 10× и «Ленинград-2» — от 2 до 10×.

Фокусирование у всех этих фотоувеличителей производится вручную вращением многозаходной винтовой оправы объектива («Смена-2У5», «Ракета» и «Ленинград-2») или с помощью фрикционного устройства («Смена-1» и «Смена-2»).

Фотоувеличители без сменного конденсора с переходными вкладышами. Это «Нева-2М» с основным пленочным негативом размером 6×9 *см* и переходными вкладышами для негативов 6×6 *см*, 4,5×6 *см* и 24×36 *мм.*

Фотоувеличитель снабжен двухлинзовым конденсором и выдвижной рамкой-держателем негатива с верхним покровным стеклом. Фокусирование ручное и производится вращением многозаходной винтовой оправы объектива. Источник света у «Невы-2М» — электролампа типа НГ или НБ мощностью до 150 *вт.* Система подвески проектора — на кронштейне со стяжной муфтой.

Линейное увеличение у «Невы-2М» — от 1,7 до 4×.

Универсальные фотоувеличители. К этой группе относятся «Нева-3М» и «Нева-4». Они снабжены двумя объективами и двумя двухлинзовыми конденсорами. Объектив И-50У-1 с $f = 50$ *мм* и относительным отверстием 1 : 3,5 предназначен для конденсора диаметром 58 *мм* и позволяет делать 2,6—11-кратное линейное увеличение с малоформатного негатива. Объектив «Индустар-23У» с $f = 110$ *мм* и относительным отверстием 1 : 4,5 используется

с конденсором диаметром 113 *мм*. Эта комбинация объектива и конденсора позволяет делать 2—5-кратное линейное увеличение негативов форматом 6×9, 6×6 и 4,5×6 *см*.

Выдвижная рамка-держатель негатива имеет улучшенную конструкцию — она снабжена двумя прижимными покровными стеклами. Для пленочных негативов форматом 6×6 и 4,5×6 *см* имеются добавочные переходные вкладыши.

Источник света — электролампа типа НГ или НБ мощностью до 150 *вт*. Для рассеяния света на ее баллон надевается круглое матовое стекло, заключенное в оправу с пружинными захватами для крепления.

Фокусирование у фотоувеличителя «Нева-3М» — автоматическе, а у «Невы-4» — ручное с помощью многозаводной винтовой оправы. В случае необходимости автоматическое устройство у фотоувеличителя «Нева-3М» отключают и установку на резкость производят вручную.

Перемещение проектора по вертикали для получения заданного линейного увеличения производится посредством шарнирной подвески.

Из отечественных фотоувеличителей лучшим считается «Нева-3М».

42. ТЕХНИКА ПРОЕКЦИОННОЙ ПЕЧАТИ

Перед печатью в первую очередь надо убедиться в том, что эмульсионный слой негатива совершенно сухой. Если он даже слегка влажный, то печатать нельзя, так как в этом случае эмульсионный слой негатива прилипнет к стеклу рамки-держателя и может быть испорчен при отделении от стекла.

Затем определяют, к какой градационной категории относится негатив, пользуясь указаниями, данными в § 14, и решают, можно ли негатив печатать сразу, или он непригоден для этой цели, или его требуется предварительно подвергнуть какой-либо обработке.

Если негатив годен для печати, то с его целлулоидной стороны удаляют влажным тампоном пятна или подтеки. При этом надо следить, чтобы на эмульсионный слой негатива не попала вода или раствор для чистки, так как желатина очень гигроскопична. Эмульсионный же слой негатива, даже при небольшом увлажнении, становится липким и может приклеиться к стеклу рамки-держателя.

После подготовки негатива к печати, руководствуясь указаниями, данными в главе 5 и табл. 15, выбирают фотобумагу необходимого сорта и номера контрастности, на которой будет производиться контрольная проба. Соответственно чему зажигают в фотолаборатории неактиничное освещение: желто-зеленое (светофильтр № 113) — для всех сортов фотобумаг, или оранжевое — для *бромосеребряной фотобумаги*, *ярко-оранжевое* — для *хлоробромосеребряной и желтое* — для *хлоросеребряной*.

Затем устанавливают источник света в проекторе фотоувеличителя в положение, дающее максимальную и равномерную освещенность экрана. О чем судят по равномерности яркости экрана, так как наше зрение очень точно устанавливает наличие даже небольшого различия яркостей соседних участков освещенной плоскости.

Когда фотоувеличитель подготовлен к печати, в рамкудержатель вставляют негатив, затем его фокусируют на резкость и экспонируют пробу для определения выдержки и проверки правильности подбора фотобумаги к негативу.

Регулирование положения источника света. Положение источника света в осветительном устройстве регулируют только в фотоувеличителях с конденсором, так как равномерность освещенности их экрана зависит от расстояния электролампы от конденсора, которое бывает различным в зависимости от величины линейного увеличения. Кроме того, на равномерность освещенности экрана влияет еще точность положения электролампы на оптической оси фотоувеличителя.

В фотоувеличителях с рассеянным светом эта операция не нужна, так как в них электролампы закреплены неподвижно в положении, обеспечивающем равномерную освещенность экрана при любом масштабе увеличения.

Если в фотоувеличителе установлена электролампа с прозрачной колбой, а конденсор используется без матового или молочного стекла, то положение источника света регулируют для каждого масштаба увеличения. Если же у электролампы колба из матированного или молочного стекла или на конденсор положен рассеиватель света из такого же стекла, то нет необходимости изменять ее положение для каждого масштаба увеличения. В этом случае вполне достаточно найти три средних расстояния электролампы: для небольшого увеличения (2—4-кратного), среднего увеличения (5—7-кратного) и большого (8—10-кратного). Эти расстояния полезно каким-либо спо-

собом отметить на штоке, к которому привинчен патрон для электролампы.

Установку источника света лучше производить в следующей последовательности. Сначала по формуле 52 определяют расстояние, на котором должен находиться негатив от экрана при данном линейном увеличении. Затем по формулам 45 и 50 вычисляют расстояние от источника света до конденсора.

Насколько оно правильно определено, судят по равномерности яркости экрана. Для этого вставляют в фотоувеличитель малоплотный резкий негатив или определитель

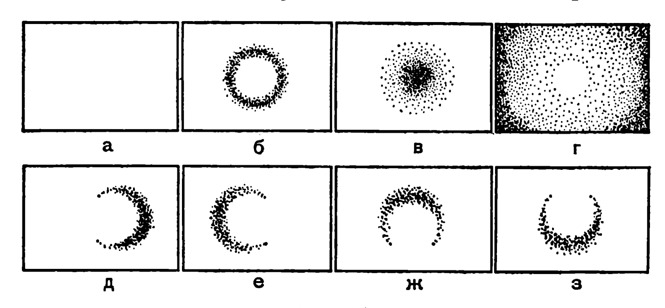


Рис. 78.
Зависимость равномерности освещенности экрана фотоувеличителя от положения источника света в проекторе

резкости и фокусируют негативное изображение на лист белой бумаги, положенный на экран. Когда изображение станет резким, негатив вынимают из рамки-держателя, а ее вновь вставляют в проектор и визуально оценивают, насколько равномерна на экране яркость прямоугольника, ограниченного рамкой-держателем негатива.

При правильном положении источника света яркость прямоугольника будет равномерной (рис. 78,*а*). Если электролампа установлена к конденсору ближе, чем требуется, то на экране образуется синевато-фиолетовая тень в виде кольца со светлым центром или пятна в центре, как это схематически показано на рис. 78, *б*, *в*. Если электролампа удалена от конденсора на расстояние большее, чем необходимо, то на краях освещенного прямоугольника получится красноватая тень со светлым центром (рис. 78, *г*).

На равномерность освещенности экрана влияет точность совмещения оси электролампы с осью оптической системы фотоувеличителя. Если они не совмещены, то около одной из сторон освещенного прямоугольника об-

разуется дугообразное или серповидное пятно (рис. 78, *д*, *е*, *ж*, *з*). Чтобы его устранить, шток, на котором укреплена электролампа, наклоняют в сторону пятна до тех пор, пока оно не исчезнет.

Фотолюбители, не желающие заниматься вычислениями, могут находить правильное положение источника света, передвигая его в проекторе до тех пор, пока яркость экрана фотоувеличителя не станет равномерной. Однако надо заметить, что в этом случае равномерной яркости экрана часто достигают за счет уменьшения его освещенности, вследствие чего без нужды увеличивается при печати выдержка.

Иногда при любом положении электролампы не удается получить на экране освещение без пятен и полос. Причиной тому является: а) грязь на линзах конденсора и на баллоне электролампы, б) надписи на электролампе, в) свили в стекле, из которого изготовлены баллон электролампы и линзы конденсора, г) сколы на краях линз и потертость их на поверхности и д) перекос конденсора в проекторе.

Во всех случаях, кроме первого и последнего, электролампу и конденсор заменяют новыми. Грязь на линзах конденсора удаляют протиркой, а их перекос устраняют, подкладывая под линзы узкие прокладки из тонкой жести.

Вставка негатива в рамку-держатель. Негатив обычно вставляют в рамку-держатель эмульсионным слоем к экрану, так как в этом случае изображение на позитиве будет соответствовать положению объекта в момент съемки. Затем, чтобы удобнее фокусировать негатив на резкость, его укладывают в рамку «вверх ногами», что дает прямую проекцию негативного изображения на экране.

Эта на первый взгляд малозначащая операция может явиться причиной образования на увеличенном позитиве ряда дефектов.

Чтобы их избежать, необходимо:

Во-первых, содержать рамку-держатель в чистоте: пыль, волоски и другие включения, осевшие на прижимные стекла рамки, выходят на позитиве в увеличенном виде.

Во-вторых, негатив в рамке-держателе должен быть плоским. Если он недостаточно прижат к стеклам, то пленка может слегка покоробиться, отчего изображение на увеличенном фотоотпечатке наряду с резкими участками будет иметь нерезкие места.

В-третьих, избегать чрезмерно плотного прижима негатива к стеклам рамки-держателя, так как это часто приводит к образованию *колец Ньютона.*

Сущность этого явления в следующем. При быстрой сушке обработанной фотопленки из-за натяжений, вызываемых высыхающей желатиной эмульсионного слоя, на ее основе образуются мельчайшие неровности различной конфигурации. Когда негатив с такой подложкой сильно прижат к полированной стеклянной пластинке, между ней и основой образуются очень небольшие полости, заполненные воздухом. При прохождении через них света происходит его интерференция, в результате чего образуется ряд концентрически расположенных цветных колец, так называемых колец Ньютона, которые объективом фотоувеличителя в увеличенном виде проецируются на фотобумагу. В результате на основное изображение накладывается ряд светлых и темных колец и пятен, имеющих самую разнообразную конфигурацию. Пыль на основе пленки также может быть причиной образования колец Ньютона.

Когда кольца Ньютона на проецируемом изображении выражены очень слабо, их можно устранить, подышав некоторое время на эмульсионный слой негатива перед его укладыванием в рамку для увеличения.

Если этот прием не дает результата, то пользуются одним из следующих способов.

1. Ослабляют прижим пленочного негатива к стеклу рамки-держателя негатива.

2. Укладывают между стеклом рамки-держателя и негативом со стороны его подложки и эмульсионного слоя узкие рамки из тонкой бумаги.

Вообще, чтобы исключить появление колец Ньютона, надо пленку свертывать в рулончик эмульсионным слоем наружу, оставляя между ее витками небольшой зазор. Лучше же пленочные негативы хранить в бумажных конвертах, предварительно разрезав ленту на куски по 2—4 кадра.

Фокусирование негативного изображения. Когда для данного линейного увеличения на экране получена равномерная освещенность, в рамку-держатель укладывают негатив и приступают к фокусированию негативного изображения на резкость. Для этого медленно приближают к негативу или удаляют от него объектив увеличителя, все время наблюдая за изменением резкости изображения, рассматривая его с расстояния наилучшего зрения (25 *см*).

Точность фокусирования зависит от остроты зрения фотографа, резкости негатива и разрешающей силы объектива фотоувеличителя.

Острота зрения, или разрешающая сила глаза, выражает его способность раздельно воспринимать близко расположенные друг от друга мелкие детали. Остроту зрения выражают в угловых единицах. Под углом разрешения понимается наименьший угловой размер детали, при котором она еще различима. У нормального глаза острота зрения составляет приблизительно одну угловую минуту. С расстояния наилучшего зрения под таким углом наблюдается кружок, а у фотографического изображения — диск нерезкости диаметром около 0,1 *мм*. Диск такого размера наш глаз воспринимает как точку.

Точность фокусирования негативного изображения на резкость зависит не только от остроты зрения фотографа, но и от факторов: формы наблюдаемой детали изображения, величины контраста между ней и фоном, уровня освещенности негативного изображения на экране фотоувеличителя и времени его наблюдения. Поэтому устанавливать на резкость надо по детали негативного изображения, имеющей ясно выраженную форму, например по зрачку глаза, переплету окна и т. д., и достаточный контраст с соседней деталью — чем он будет больше, тем точнее можно фокусировать. Уровень освещенности экрана, а следовательно, и яркость негативного изображения должны быть достаточно велики, так как при низкой его яркости острота зрения быстро падает, например при яркости:

0,1	*асб*	угол	разрешения	равен	3′,
0,5	»	»	»	»	2′,
1	»	»	»	»	1,5′,
5	»	»	»	»	1,2,
10	»	»	»	»	0,9′,
100	»	»	»	»	0,8′.

Из этих данных видно, что прозрачный негатив можно фокусировать на резкость точнее, чем плотный негатив, так как первый дает на экране более яркое изображение, чем второй.

К фокусированию на резкость надо приступать через несколько минут после установки рамки-держателя с негативом в фотоувеличитель. За это время глаза успеют адаптироваться на уровень яркости проецируемого негативного изображения, что обеспечит большую точность фокусирования.

Резкость негативного изображения влияет на точность фокусирования: чем выше резкость негатива, тем легче получить достаточно резкое проецируемое изображение. Как известно, у малоформатного негатива диаметр дисков нерезкости, вызывающих размытость контуров изображения, не должен превышать 0,03 *мм*, а у негативов форматом 6×6 и 6×9 *см* — 0,05 *мм*.

При проекционной печати диски нерезкости возрастают пропорционально масштабу увеличения. До некоторого предела их увеличение не сказывается на резкость проецируемого негативного изображения и, следовательно, на резкость позитива. Практика показывает, что диаметр диска нерезкости может быть повышен до 0,15 *мм* без существенного изменения визуальной резкости позитивного изображения. Если он равен 0,2 *мм*, то изображение с расстояния наилучшего зрения воспринимается как слегка нерезкое, а при диске нерезкости в 0,3 *мм*—очень нерезким.

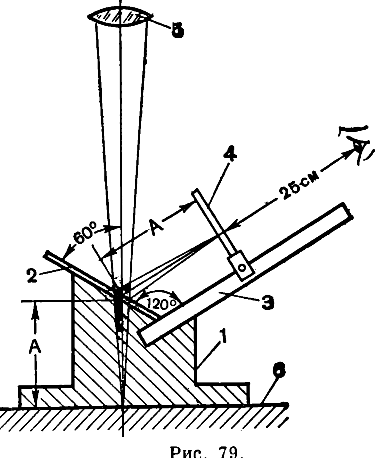


Рис. 79.
Схема прибора для фокусирования на резкость при увеличении

Величину в 0,15 *мм* диски нерезкости у малоформатного негатива приобретают при 5-кратном увеличении, а у негативов 6×6 и 6×9 *см*—при 3-кратном.

Поэтому с достаточной точностью можно визуально проверить фокусировку на резкость, когда малоформатный резкий негатив увеличивают до 5-кратного размера, а негативы 6×6 и 6×9 *см* — до 3-кратного размера. В первом случае формат увеличенного фотоотпечатка будет около 13×18 *см*, а во втором — 18×24 *см*. Их обычно рассматривают с расстояния наилучшего зрения, поэтому и фокусирование надо производить с этого же расстояния.

При визуальном наблюдении за резкостью негативного изображения луч зрения направляют на экран фотоувеличителя под острым углом, что затрудняет контроль фокусировки. Значительно удобнее наводить на резкость с помощью прибора ПР-1, выпускаемого промышленностью. Схема самодельного прибора дана на рис. 79. Он

состоит из основания *1*, к которому под углом 120° укреплены зеркало *2* с наружной амальгамой и планка *3*. На планке под прямым углом неподвижно установлено матовое мелкозернистое стекло *4*. Оно находится на расстоянии *A* от точки пересечения зеркала с оптической осью объектива *5*. На таком же расстоянии (*A*) должна находиться плоскость экрана фотоувеличителя *6*. В этом случае лучи света, выходящие из объектива, отразившись от зеркала, дадут на матовом стекле прибора изображение, резкость которого будет равна его резкости на экране фотоувеличителя.

При фокусировании прибор устанавливают на экране фотоувеличителя в центре проецируемого изображения, которое рассматривают на матовом стекле с расстояния наилучшего зрения почти под прямым углом, что значительно облегчает фокусирование и повышает точность наводки на резкость.

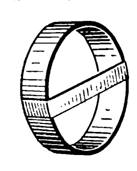


Рис. 80. Контрольная диафрагма, обеспечивающая увеличение точности фокусирования

При увеличении в масштабе более крупном, чем указано выше, визуальный контроль за степенью резкости уже не может обеспечить достаточную точность фокусирования. В этом случае наводку на резкость производят с помощью контрольной диафрагмы.

Такая диафрагма представляет собой кольцо из картона с узкой перемычкой из черной неактиничной бумаги, делящей диафрагму на две половины (рис. 80). Контрольную диафрагму надевают на объектив фотоувеличителя так, чтобы перемычка диафрагмы была параллельна какой-либо горизонтальной линии на негативе.

Так как такая линия не всегда имеется на негативе, то наводку на резкость лучше производить с помощью определителя резкости, который устанавливают в рамку вместо негатива. В этом случае при неточной наводке на резкость все линии определителя резкости, параллельные перемычке контрольной диафрагмы, будут двоиться. *При положении изображения в фокусе раздвоения линий не происходит.* Этим способом можно получить максимально возможную при большом увеличении резкость изображения.

После того как получено резкое изображение, определитель резкости заменяют негативом, подлежащим увеличению, и печатают.

Определителем резкости пользуются также, когда боль-

шая оптическая плотность увеличиваемого негатива затрудняет наводку на резкость.

Для наводки на резкость очень удобно пользоваться засвеченной и проявленной фотопленкой, на сухом эмульсионном слое которой аккуратно прорезают скальпелем несколько линий разной ширины. Их изображение отчетливо видно на экране, и наводка на резкость не вызывает затруднений.

Когда с одного негатива печатают серию снимков, пленка от нагрева источником света может слегка деформироваться, отчего резкость негативного изображения на экране несколько ухудшается. Поэтому после каждого экспонирования надо проверять, не изменилась ли резкость изображения на экране.

Не рекомендуется улучшать резкость изображения, проецируемого конденсорным фотоувеличителем, диафрагмируя его объектив, так как одновременно с диафрагмированием усилится макрозернистость позитивного изображения и на нем более отчетливо выявятся все дефекты негатива.

Экспонирование при увеличении. В главе 5 было рассмотрено влияние различных факторов на выдержку и влияние ее величины на вид позитивного изображения. В дополнение к ним надо учитывать еще масштаб увеличения: выдержка тем продолжительнее, чем крупнее масштаб увеличения, и тем короче, чем он меньше.

Выдержку отсчитывают с помощью реле времени, секундомера или счетом.

Наиболее удобно реле времени или фототаймер — прибор, включающий в фотоувеличитель белый свет на время, установленное на его шкале. В продаже имеется несколько типов таких приборов с интервалом выдержек от 0,2 до 64 *сек*. Реле времени очень удобно для печати серии позитивов, так как прибор обеспечивает стандартность выдержки и, следовательно, однородность изображения на всех фотоотпечатках.

Отсчет времени секундомером также достаточно точен, но требует внимания.

Определение выдержки счетом менее точное. Оно заключается в ритмичном счете цифр от 21 и далее или прибавлением к цифрам первого десятка буквы «и», например: раз и, два и, три и... и т. д.

Точность отсчета выдержки всеми способами зависит от ее продолжительности, например при выдержке в 1 *сек* неточность отсчета в 0,25 *сек* даст ошибку в 25%, а при

выдержке в 10 *сек* — только 2,5%. Первая ошибка вызовет недодержку или передержку фотобумаги, вторая не окажет никакого влияния на качество изображения. Следовательно, лучше экспонировать с относительно длительной выдержкой, чем с короткой. Поэтому если печатают очень прозрачный негатив, то для увеличения выдержки ослабляют световой поток одним из приемов, описанных в главе 5.

Рассматривая пробный фотоотпечаток, необходимо учитывать, что позитивное изображение при *неактиничном освещении выглядит более плотным, чем при дневном или электрическом освещении.* Поэтому, не имея достаточного опыта, качество пробного фотоотпечатка лучше определять при белом освещении.

Пробное экспонирование делают тремя способами.

Первый способ — определение выдержки последовательными пробами на разных полосках фотобумаги. Для этого берут узкую полоску фотобумаги в 2—4 *см* и укладывают ее на сюжетно важную часть негативного изображения, проецируемого через неактиничный светофильтр на экран фотоувеличителя. Затем защитный светофильтр осторожно отводят в сторону и экспонируют, включая электролампу тумблером или фототаймером. Экспонировать, перекрывая защитным светофильтром световой поток, попадающий на фотобумагу, не рекомендуется, так как это может вызвать легкую вибрацию проекционного фонаря, вследствие чего изображение получится со сдвоенными контурами.

Экспонированную полоску фотобумаги проявляют в течение времени, указанного в рецепте, и после короткого закрепления в кислом фиксаже выносят на свет для определения качества изображения.

Выдержка считается правильной, если на позитивном изображении воспроизведено максимальное число деталей негатива в его света́х и тенях. Если они в света́х на пробе не проработаны, то выдержка была недостаточной; когда же пробный фотоотпечаток получился очень темным, то экспонирование было слишком продолжительным. В этом случае делают новую пробу, уменьшая или увеличивая выдержку в 1,5—2 раза в соответствии с тем, что дала предшествующая проба — передержку или недодержку.

Когда ряд проб с различными выдержками дает вялое или контрастное изображение, это означает, что фотобумага по контрастности не подходит к интервалу плотностей негатива. В этом случае меняют номер, а иногда и сорт

фотобумаги, руководствуясь указаниями, данными в § 34, и вновь производят пробную печать.

О правильности выдержки можно судить по скорости проявления позитивного изображения и по характеру возрастания его оптических плотностей.

Если выдержка правильная, то формирование изображения на бромосеребряных фотобумагах в проявителе № 1 заканчивается за 1,5—2 *мин*, а хлоробромосеребряных — за 1—1,5 *мин*. При дальнейшем проявлении в течение двух минут света́ изображения должны оставаться чистыми, без вуали.

При недоэкспонировании изображение на фотобумаге начинает появляться через несколько минут после ее погружения в проявитель, причем проявляются лишь тени изображения, которым соответствуют наиболее прозрачные участки негатива. Плотность изображения увеличивается медленно, и его тени даже при длительном проявлении не достигают максимального почернения и остаются серыми.

В случае переэкспонирования процесс проявления начинается через несколько секунд после погружения пробы в проявитель. Изображение в света́х и тенях получается очень плотным, сплошь покрытым вуалью.

Второй способ — определение выдержки последовательным экспонированием на одном куске фотобумаги. Для этого полоску фотобумаги шириной 2—4 *см* кладут на сюжетно важную часть негативного изображения, проецируемого на экран фотоувеличителя. Затем ее закрывают куском картона, оставляя открытой $^1/_4$ часть, и экспонируют, в зависимости от плотности негатива, 2, 3 или 4 *сек*. Потом передвигают картон еще на $^1/_4$ часть длины полоски фотобумаги и вновь экспонируют то же время. Повторяют эту операцию в третий и в четвертый раз. В результате первое поле полоски фотобумаги получит выдержку 8 *сек*, второе — 6 *сек*, третье — 4 *сек*, а четвертое — 2 *сек*, если первое экспонирование продолжалось 2 *сек*.

После обработки изображение на полоске фотобумаги состоит из четырех полос с разной оптической плотностью почернений (рис. 81). Выбирают наилучшее изображение и по уже известной для него выдержке печатают нужное количество увеличений.

Может случиться, что все четыре изображения будут передержанными или недодержанными,— тогда производят новую пробу, экспонируя с другим отношением выдержек. Если контрольное изображение получается контраст-

ным или вялым, то для новой пробы берут другую фотобумагу, с большим или меньшим полезным интервалом экспозиций.

Третий способ — определение выдержки с помощью фотоэлектрического экспонометра. Для этого на фотопленке выбирают негатив, средний по плотности по сравнению с плотностью остальных кадров. Его принимают за эталон.



Рис. 81.
Пробный фотоотпечаток, по которому определяют оптимальную выдержку

Этот негатив вставляют в фотоувеличитель, к объективу которого предварительно подвешивают на расстоянии 5 *см* фотоэлектрический экспонометр, обращенный фотоэлементом в сторону объектива. Затем включают свет и диафрагмируют объектив так, чтобы стрелка экспонометра заняла среднее положение на его шкале. После чего экспонометр снимают и пробами устанавливают необходимую выдержку, предположим равную 10 *сек*.

Приступая к печати следующего негатива, например более плотного, чем эталонный, снова устанавливают экспонометр перед объективом и увеличивают диафрагмой его относительное отверстие до тех пор, пока стрелка экспонометра не займет на шкале среднее положение. В этом случае негатив надо экспонировать 10 *сек*.

При печати негатива более прозрачного, чем эталон, объектив фотоувеличителя диафрагмируют до тех пор, пока стрелка экспонометра не займет среднее положение. И в этом случае выдержка будет равна 10 *сек*.

Приспособления для пробного экспонирования. Очень удобно при печати пробных снимков пользоваться одним из следующих простых приспособлений.

Первое приспособление представляет собой папку с прямоугольным отверстием в одной из сторон (рис. 82, *а*). Ее изготовляют из двух узких листов тонкого картона, например типа прессшпана, которые склеивают по длинной стороне полоской материи.

Для получения пробного фотоотпечатка полоску фотобумаги (примерно 170×40 *мм*) вкладывают в папку эмульсионным слоем вверх так, чтобы один из ее концов находился против выреза. Затем папку закрывают, кладут на экран фотоувеличителя в том месте, на которое проецируется сюжетно важная часть негатива, и экспонируют. Границу первого экспонированного участка отмечают обыкновенным карандашом. Далее фотобумагу передвигают влево до касания карандашной линии левой стороны отверстия и вновь экспонируют.

Эту операцию повторяют три раза, увеличивая выдержку в геометрической или в арифметической прогрессии.

Приспособление указанного размера пригодно для увеличений до 18×24 *см*. Когда их делают в более крупном масштабе, то необходимо пользоваться папкой с отверстием большего размера, чтобы захватить сюжетно важную часть проецируемого негативного изображения.

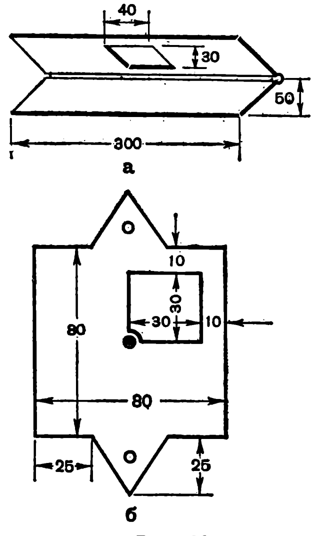


Рис. 82.
Приспособления для получения пробных фотоотпечатков

Второе приспособление представляет собой маску из прессшпана темного цвета или из черной неактиничной бумаги, в которой вырезано квадратное отверстие (рис. 82, *б*).

Маска с указанными на чертеже размерами пригодна для увеличений 13×18 *см*; для увеличений 18×24 и 24×30 *см* вырез в ней должен соответственно равняться 50×50 и 70×70 *мм*. Разумеется, соответственно увеличивают и размеры маски.

Чтобы определить выдержку, например для увеличения 13×18 *см*, вырезают из форматной фотобумаги квадрат со сторонами примерно в 100 *мм* и подкладывают его под рамку так, чтобы их центры совпали. Затем фотобумагу со стороны подложки скрепляют канцелярской кнопкой с центром рамки, создавая тем ось вращения. После чего рамку с фотобумагой кладут на участок сюжетно важной части изображения и прижимают ее каким-либо грузом к экрану фотоувеличителя. Разумеется, все эти операции

производят при неактиничном освещении. Далее экспонируют, после чего фотобумагу поворачивают на 90°, подводя к вырезу в маске новый ее участок, и вновь экспонируют, увеличивая выдержку в геометрической прогрессии. Эту операцию повторяют еще два раза, в результате чего фотобумага получит четыре разные выдержки. Ее обрабатывают обычным способом и выбирают по полученной шкале требуемую выдержку. Если все четыре изображения будут неудовлетворительными, то производят вторичную пробу, с другим соотношением выдержек или на другом номере фотобумаги.

На качество позитивного изображения также влияет *паразитное освещение фотобумаги*, возникающее при экспонировании из-за рассеяния луча света при проекции. Эти рассеянные лучи света накладываются на оптическое изображение, проецируемое объективом, и дополнительно засвечивают фотобумагу, отчего снижается контраст позитивного изображения. Паразитное освещение фотобумаги особенно действенно при длительном экспонировании. Оно образуется, когда:

а) светлоокрашенный экран фотоувеличителя не полностью закрыт листом экспонируемой фотобумаги,

б) проекционный фонарь фотоувеличителя имеет щели или отверстия, пропускающие свет,

в) в непосредственной близости от фотоувеличителя расположены светлые предметы или он стоит около белой стены.

Затем экспонируемая фотобумага сама является причиной образования паразитного освещения в большей или меньшей степени, в зависимости от яркости проецируемого негативного изображения.

Лучи света, падающие из объектива проектора на экран и фотобумагу, отражаются ими в разные стороны и, встречая на своем пути никелированную штангу фотоувеличителя, оправу и переднюю линзу объектива, светлый корпус фонаря проектора или белую стену и т. д., претерпевают новое отражение, причем часть этих лучей падает уже на фотобумагу. Аналогично действуют лучи света, выходящие из щелей и отверстий в проекторе. Паразитная засветка особенно увеличивается, когда печатают негатив, только частично заполняющий кадровое окно рамки-держателя негатива. В этом случае надо обязательно укладывать в рамку-держатель маску из неактиничной бумаги для устранения просвета между негативом и ее сторонами.

Вредное влияние паразитных лучей на качество изображения можно уменьшить. Для этого:

1. Окрашивают экран фотоувеличителя черной матовой краской или укладывают на него перед экспонированием маску из неактиничной бумаги.

2. Заделывают в проекторе фотоувеличителя щели и отверстия, пропускающие свет.

3. Экранируют никелированную штангу фотоувеличителя, особенно наклоненную к экрану под углом, чехлом из черной материи.

4. При работе около белой стены закрывают ее занавеской из черной материи.

43. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКЦИОННОЙ ПЕЧАТИ

Отбор кадров на малоформатной фотопленке иногда производят по контактным фотоотпечаткам. В этом случае контраст увеличения, полученного на том же сорте фотобумаги, не будет идентичен контрасту контактного снимка.

Различие контраста изображений вызывается печатным коэффициентом, равным 0,8 (см. главу 8), который образуется при контактной печати из-за многократного отражения света от баритового слоя фотобумаги и от зерен металлического серебра негатива. При увеличении это явление не происходит вследствие большого расстояния между фотобумагой и негативом. В результате чего негатив при увеличении становится как бы более контрастным, чем при контактной печати.

Поясним примером. Надо получить контактный и увеличенный фотоотпечатки с негатива с максимальной оптической плотностью 1,3 и минимальной — 0,4, т. е. с интервалом оптических плотностей, равным 0,9.

При контактной печати оптические плотности негатива из-за печатного коэффициента снижаются на 0,8, отчего его интервал оптических плотностей уменьшится до 0,72. При увеличении же интервал оптических плотностей не изменится и будет равным 0,9.

Поэтому, чтобы контактный и увеличенный фотоотпечатки имели одинаковый контраст, следует пользоваться фотобумагой с разным полезным интервалом экспозиций.

Для приведенного примера, согласно табл. 15, увеличение надо делать на бромосеребряной бумаге № 4, а контактный фотоотпечаток — на фотобумаге № 5. Только в этом случае снимки по контрасту будут идентичными.

Если фотобумаги по контрастности различаются на один номер, то по величине контактной выдержки определяют продолжительность экспонирования при увеличении по следующей приближенной формуле:

$$K_b = \left(\frac{m+1}{2}\right)^2, \tag{57}$$

где K_b — коэффициент, а m — степень увеличения.

Пример. Выдержка при контактной печати 2 *сек*, увеличение 7-кратное, тогда $K_b = \left(\frac{7+1}{2}\right)^2 = 16$, следовательно, выдержка при увеличении равняется $2 \times 16 = 32$ *сек*.

Контраст позитивного увеличенного изображения в свою очередь бывает различным в зависимости от того, каким светом производят печать с негатива — диффузно-рассеянным или направленным, регулярным светом.

Для доказательства этого положения рассмотрим ход лучей света через негатив в конденсорном фотоувеличителе и в фотоувеличителе с рассеянным светом. Для простоты рассуждений возьмем негатив, который имеет только два поля: одно — без почернения (прозрачное), другое — почернение средней оптической плотности, например равной единице, при измерении в диффузном свете. Для простоты рассуждений в обоих случаях потери света в объективе и конденсоре не учитываются.

Сначала рассмотрим печать этого негатива фотоувеличителем с рассеянным светом. Негатив в нем равномерно освещен диффузно-рассеянным светом, отраженным рефлектором от двух электроламп (рис. 83, *б*). Интенсивность светового потока, прошедшего через прозрачное поле негатива, не изменится. Он, будучи спроецирован объективом фотоувеличителя на фотобумагу, создаст на ней освещенность, например, в 12 *лк*. Интенсивность светового потока, вышедшего из поля с почернением, уменьшится и составит 10% (см. табл. 1), так как по условию оптическая плотность почернения поля, измеренная в диффузном свете, равна 1. Поэтому освещенность фотобумаги под этим полем будет в 10 раз меньше и составит 1,2 *лк*.

Выдержку подберем такую, чтобы фотобумага под прозрачным полем получила экспозицию, обеспечивающую образование на нем максимального почернения, равного, например, 1,7. Под полем с почернением за ту же выдержку фотобумага получит в 10 раз меньшую экспозицию, в результате чего на ней после проявления образуется почернение, равное, например, 0,8. Следовательно, ин-

тервал оптических плотностей шкалы $\Delta D^{\text{поз}}_{\text{диф}}$, или контраст изображения, станет равным 1,7—0,8=0,9.

Поскольку негатив освещается диффузно-рассеянным светом, то при любой диафрагме в зрачок объектива посту-

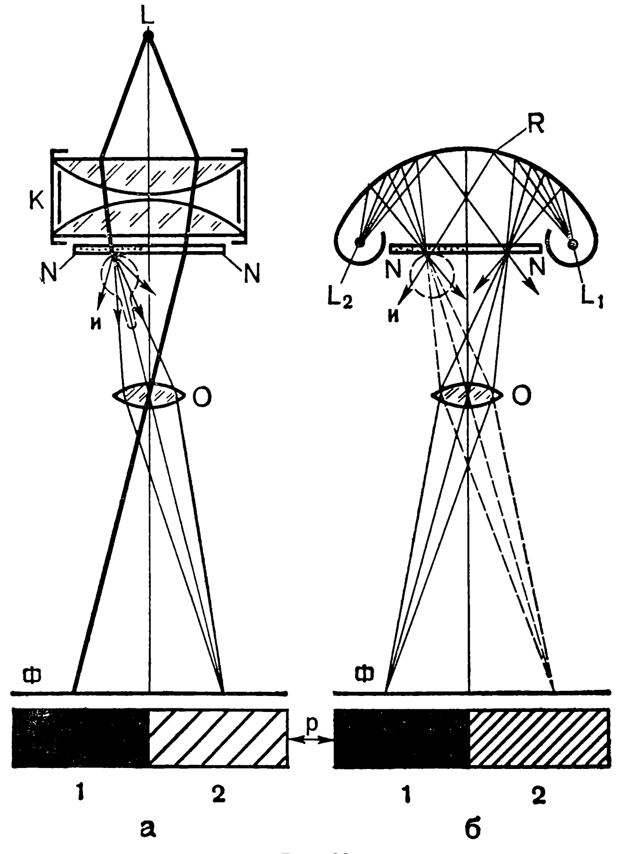


Рис. 83.
Зависимость контраста позитивного изображения от типа фотоувеличителя: L, L_1 и L_2— источники света, K—конденсор, R—рефлектор, N— N — негатив, u— индикатриса рассеяния света, $Ф$ — фотобумага и P— позитивное изображение шкалы, O — объектив. Шкала *а* менее контрастна, чем шкала *б*

пает только диффузно-рассеянный свет. Диафрагмирование лишь уменьшает интенсивность световых потоков, падающих на фотобумагу через два поля негатива, но их отношение останется неизменным. Поскольку отношение постоянно, то и контраст позитивного изображения останется

неизменным независимо от степени диафрагмирования объекта фотоувеличителя.

Теперь рассмотрим печать этого же негатива конденсорным фотоувеличителем (рис. 83, *а*). Через прозрачное поле негатива световой поток, излучаемый источником света, направляется конденсором в зрачок объектива фотоувеличителя, которым проецируется на фотобумагу, создавая на этом ее участке освещенность в 12 *лк*. (На рисунке этот световой поток изображен жирной линией.)

На поле негатива с почернением конденсор направляет световой поток той же интенсивности, что и на прозрачное поле. Но, пройдя через почернение, он претерпевает два изменения: становится ослабленным и направленно-рассеянным, отчего оптическая плотность почернения этого поля, измеренная в таком световом потоке, будет иметь бо́льшую величину, чем при измерении в диффузном световом потоке. Иначе говоря, для направленно-рассеянного светового потока почернение становится более непрозрачным, чем для диффузно-рассеянного. Предположим, что оптическая плотность поля негатива с почернением в направленно-рассеянном световом потоке равна 1,2. Следовательно, непрозрачность поля равняется 16, отчего интенсивность вышедшего светового потока, составит 6,25%, т. е. он ослабится в 16 раз и создаст на фотобумаге освещенность в 12 *лк* : 16=0,75 *лк*.

Выдержку и в этом случае подберем такую, чтобы участок фотобумаги, на который проецируется прозрачное поле негатива, получил экспозицию, обеспечивающую на нем максимальное почернение, равное также 1,7. За эту выдержку второе поле фотобумаги получит в 16 раз меньшую экспозицию, и на нем после проявления образуется почернение с оптической плотностью, равной, предположим, 0,6.

В результате интервал оптических плотностей фотоотпечатка шкалы $\Delta D_{\text{рег}}^{\text{поз}}$ станет равным 1,7—0,6=1,1, т. е. большим, чем контраст шкалы, напечатанной диффузным светом.

В подтверждение этих рассуждений приводим два увеличения. На рис. 84 верхнее увеличение сделано направленным световым потоком, а нижнее — диффузно-рассеянным. Изображение на первом фотоотпечатке заметно контрастнее, чем на втором, хотя напечатаны они на одном номере фотобумаги.

В рассмотренном случае увеличение производилось при максимальном относительном отверстии объектива

конденсорного фотоувеличителя. Если его задиафрагмировать, то контраст фотоотпечатка еще более увеличится. Это произойдет потому, что диафрагма уменьшит поступление в зрачок объектива рассеянных лучей света, которые захватывались им, когда его относительное отверстие было максимальным, и проецирование будет производиться почти одними направленными лучами. В направленном же свете оптическая плотность почернения имеет наибольшее значение из всех возможных его значений, в результате чего на фотобумагу подействует меньшая экспозиция, и этот ее участок станет менее плотным после проявления, чем в первом случае.





Рис. 84.
Верхний отпечаток получен при освещении негатива направленным светом, нижний — диффузно-рассеянным

При прохождении светового потока через прозрачное поле негатива это явление не происходит, так как диафрагмирование объектива только уменьшит его интенсивность. Поэтому на фотоотпечатке, как и в первом случае, получится максимальное почернение. Разумеется, для этого потребуется увеличить выдержку по сравнению с ее продолжительностью при печати с максимальным относительным отверстием объектива.

В конденсорном фотоувеличителе, у которого на линзу конденсора, обращенную к источнику света, положено молочное или опаловое стекло, негатив освещается диффузно-рассеянным светом. Следовательно, фотоотпечаток, полученный таким фотоувеличителем, по контрастности почти не будет отличаться от фотоотпечатка, сделанного

бесконденсорным фотоувеличителем. Если в конденсорном фотоувеличителе для рассеяния света используется матовое стекло (особенно матированное с одной стороны), то контрастность фотоотпечатка, полученного им, будет выше, чем в случае использования в качестве рассеивающей среды молочного или опалового стекла.

Кроме перечисленных факторов на контраст позитива, увеличенного конденсорным фотоувеличителем, влияет еще и зернистость негатива. Мелкозернистый негатив дает более контрастный позитив, чем крупнозернистый, если они проявлены до одного и того же значения коэффициента контрастности. Объясняется это тем, что световой поток, прошедший через мелкозернистый негатив, содержит больший процент направленного света, чем при выходе из грубозернистого негатива.

Из этих рассуждений сделаем вывод:

Печать данного негатива направленным (регулярным) световым потоком даст более контрастный позитив, чем его печать диффузно-рассеянным световым потоком. Поэтому вялые и малоконтрастные негативы целесообразно печатать первым видом освещения, а контрастные — вторым.

44. ЗЕРНИСТОСТЬ ПОЗИТИВНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Основные факторы, влияющие на макрозернистость позитива. Сущность макрозернистости, иногда называемой гранулярностью, была объяснена в § 10. Она заметна на фотоувеличениях, и тем сильнее, чем крупнее масштаб изображения или чем меньше расстояние, с которого рассматривают снимок.

Поскольку негатив является первичным изображением, а позитив — вторичным, то их макрозернистость соответственно называют первичной и вторичной.

Макрозернистость позитива всегда больше макрозернистости негатива. Убедиться в этом можно следующим опытом. Сфотографируем объект на негативной и позитивной фотопленках. Выдержку при съемке и условия проявления подберем так, чтобы оптические плотности и коэффициенты контрастности у этих двух негативов были одинаковы. Этим исключим влияние на макрозернистость позитива данных параметров негативов. Затем негатив, полученный на позитивной фотопленке, напечатаем контактом на позитивной фотопленке. Снимем микрофотографии с негативов и полученного позитива (рис. 85).

Макрозернистость наименьшей будет у негатива на позитивной фотопленке, более значительной — у негатива на негативной фотопленке и самой большой — у позитива.

Таким образом, *вторичная макрозернистость является ухудшенной копией первичной макрозернистости.*

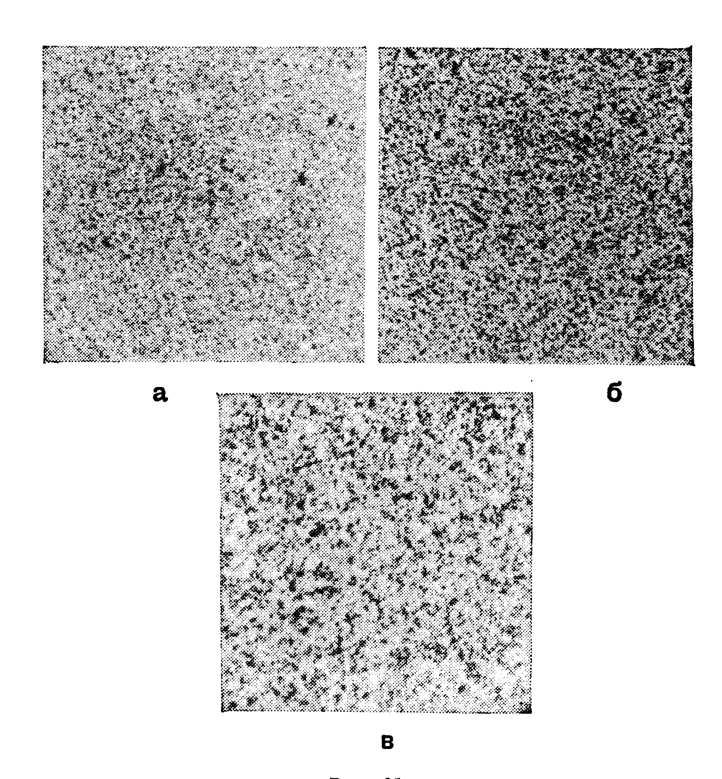


Рис. 85.
Микрофотографии при 50-кратном увеличении: *а* — негативного изображения, полученного на позитивной фотопленке, *б* — то же на негативной фотопленке, *в* — контактного фотоотпечатка негатива *а* на позитивной фотопленке

Эта закономерность сохраняется и при печати негатива на фотобумаге, несмотря на то, что микрокристаллы галогенида серебра у фотобумаги очень малы по сравнению с зернами серебра негативного изображения.

Усиление макрозернистости во время печати объясняется недостаточно высокой разрешающей способностью фотобумаги. Считается, что позитив должен передавать без искажения все мелкие подробности зернистой структу-

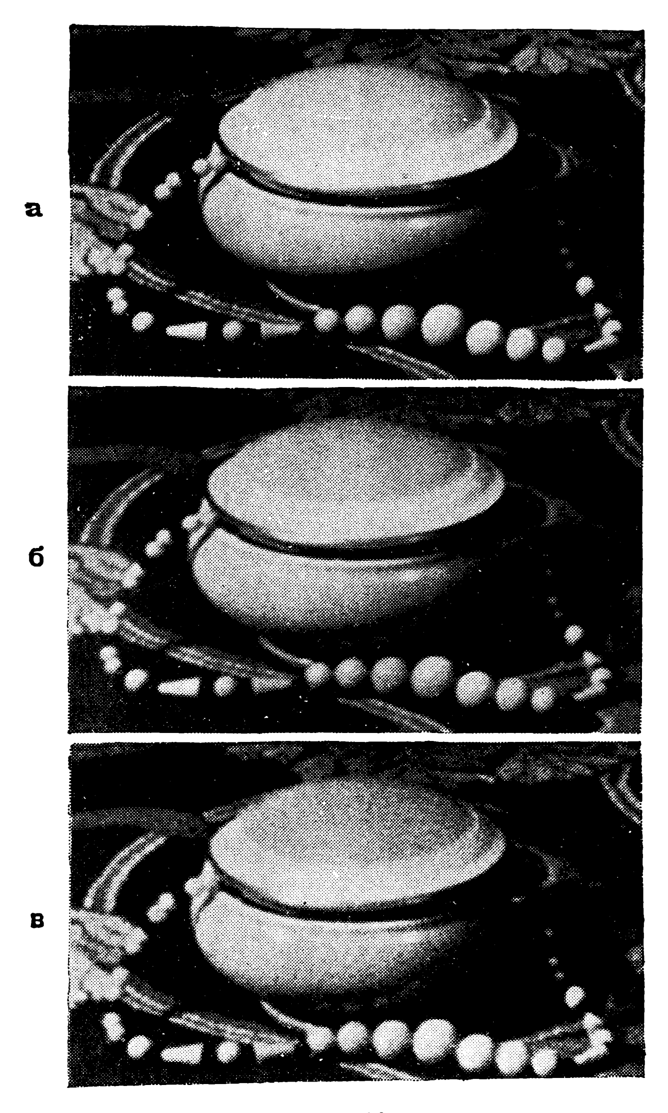


Рис. 86.
Зависимость макрозернистости позитивного изображения от зернистости негативного материала: *а* — фотопленка особомелкозернистая, *б* — среднезернистая и *в* — крупнозернистая. Увеличение 30-кратное

ры негатива. Однако зерна серебра и промежутки между ними на негативе или по крайней мере некоторые из них настолько малы, что небольшая разрешающая способ-

ность фотобумаги не позволяет воспроизвести их точно. Вследствие этого на позитивном изображении зерна серебра сливаются, что и влечет за собой ухудшение его зернистой структуры.

Поскольку макрозернистость позитива является ухудшенной копией макрозернистости негатива, то надо получать негативы с маловыраженной зернистостью, особенно если предположено делать большое увеличение. Для этого, согласно § 10, следует снимать на мелкозернистой фотопленке, проявлять ее до рекомендуемого значения коэффициента контрастности и средней оптической плотности.

Если не придерживаться этих указаний, то макрозернистость позитива растет с увеличением светочувствительности негативного фотоматериала, на котором производят съемку. Она будет заметной при печати негатива, снятого на среднечувствительной фотопленке, и отчетливо выявленной при печати негатива, полученного на крупнозернистой высокочувствительной фотопленке (рис. 86).

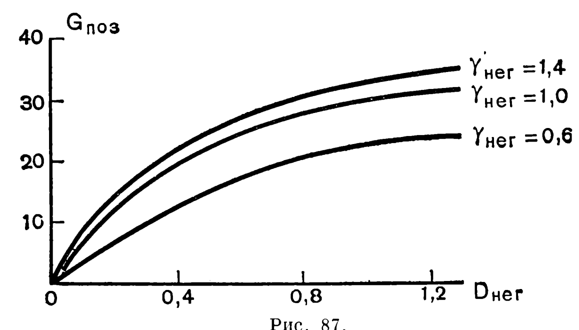


Рис. 87.
Зависимость макрозернистости позитива ($G_{поз}$) от оптической плотности $D_{нег}$ и коэффициента контрастности $\gamma_{нег}$, до которых проявлен негатив

Затем, чем выше средняя оптическая плотность и коэффициент контрастности негатива, тем больше макрозернистость позитива (рис. 87).

Кроме макрозернистости негатива на макрозернистость позитива влияют сорт фотобумаги, ее контрастность и вид поверхности.

Макрозернистость позитивного изображения на бромосеребряных фотобумагах выявляется заметнее, чем на хлоробромосеребряных.

Затем она тем выше, чем контрастнее фотобумага, используемая при увеличении, т. е. снимок, напечатанный на мягкой фотобумаге, будет иметь меньшую зернистость, чем напечатанный на особоконтрастной (рис. 88). Верхнее левое увеличение имеет наименьшую гранулярность. Это вызвано тем, что оно напечатано на фотобумаге № 3, полезный интервал экспозиции которой соответствует ин-



Рис. 88.
Рост макрозернистости на увеличениях в зависимости от контрастности фотобумаги, на которой они напечатаны. Фотобумага «Унибром» № 3, №, 4, № 6 и № 7

тервалу плотностей негатива. Наибольшую гранулярность изображения имеет нижний правый снимок, напечатанный на фотобумаге № 7.

Следовательно, *правильный подбор фотобумаги к негативу уменьшает макрозернистость позитива.* Предпосылкой чему является соблюдение правила воспроизведения тонов в негативно-позитивном процессе, согласно которому произведение $\gamma_{\text{нег}} \cdot \bar{g}_{\text{поз}}$ должно равняться

1,1—1,6. Однако чем выше значение этого произведения, тем больше макрозернистость позитива.

Эта закономерность объясняется тем, что наблюдаемое с ростом коэффициента контрастности увеличение контраста между неоднородностями почернений негатива на позитиве снижается вследствие использования фотобумаги с более низким средним градиентом.

Таким образом, макрозернистость позитивного изображения ($G_{поз}$) на фотобумаге пропорциональна макрозернистости негатива ($G_{нег}$) и среднему градиенту фотобумаги ($\bar{g}$), что можно выразить формулой

$$G_{поз} = k\bar{g}G_{нег}, \quad (58)$$

где k — коэффициент, зависящий, например, от вида поверхности фотобумаги.

Поверхность фотобумаги значительно влияет на макрозернистость изображения: на глянцевых и особенно на особоглянцевых фотобумагах макрозернистость на фотоувеличениях бывает наиболее ясно выраженной; на матовых и полуматовых фотобумагах — несколько менее, а на фотобумагах со структурной поверхностью — наименее.

Такое уменьшение макрозернистости позитива объясняется тем, что структура поверхности фотобумаги несколько сглаживает равномерность почернения, особенно на больших участках изображений, на которых макрозернистость особенно заметна.

Дополнительные факторы, влияющие на макрозернистость.

Кроме вышеперечисленных основных факторов на вторичную зернистость влияют еще следующие.

Масштаб увеличения. Чем он больше, тем выше макрозернистость позитива при прочих равных условиях (рис. 89).

Тип фотоувеличителя. В § 43 установлено, что конденсорные фотоувеличители с направленным светом по сравнению с диффузно-рассеянным дают более контрастное изображение и, следовательно, с очень отчетливо выраженной макрозернистостью (рис. 89). Это вызывается тем, что такие фотоувеличители усиливают контраст между неоднородностями почернений негатива, обусловливающих его макрозернистость.

Макрозернистость изображения уменьшается, если на конденсор фотоувеличителя положено матовое стекло, особенно матированное с двух сторон. Она становится еще менее заметной, если рассеивателем на конденсоре

служит молочное или опаловое стекло, а в качестве источника света используется электролампа с колбой из опалового стекла. Наконец, диафрагмирование объектива фотоувеличителя также усиливает макрозернистость, поэтому его следует применять только для исправления пер-



Рис. 89.
Значительный рост макрозернистости при 10-кратном и 50-кратном увеличении конденсорным фотоувеличителем с направленным светом по сравнению с зернистостью контактного фотоотпечатка

спективных искажений изображения, допущенных при съемке.

Наименьшую макрозернистость на позитиве получают, увеличивая фотоувеличителем с рефлектором в качестве рассеивателя, особенно при электролампах из опалового стекла (рис. 90). Уменьшение макрозернистости вызывается тем, что контраст между неоднородностями почернений негатива в этом случае очень сильно снижается. Однако такие фотоувеличители по сравнению с конденсорными требуют очень длительной выдержки.

Наводка на резкость при увеличении. Очень точное фокусирование на резкость при проекционной печати увеличивает макрозернистость изображения из-за того, что неоднородность негативного изображения передается в этом случае наиболее резко. Поэтому, печатая в крупном



Рис. 90.
Очень незначительный рост макрозернистости при 10-кратном и 50-кратном увеличении фотоувеличителем с диффузно-рассеянным светом по сравнению с зернистостью контактного фотоотпечатка

масштабе, не следует очень точно фокусировать негативное изображение.

Чтобы не перейти допустимую границу нерезкости, прибегают к следующему приему. Сначала получают возможно резкое негативное изображение, затем чуть-чуть смещают объектив фотоувеличителя (на 0,1—0,2 *мм*). Образовавшаяся в этом случае незначительная нерезкость изображения размывает границы между зернами серебра почернений, отчего различаемость их уменьшается и, следовательно, несколько смягчается макрозернистость изображения.

Описаны принадлежности для кадрирования позитивного изображения, его техника и искусство. Рассмотрены различные способы градационного и перспективного исправления изображения. Кратко изложена техника комбинированной печати.

7. УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ

45. КАДРИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Нередко на негативе имеются объекты или детали, ухудшающие композицию снимка, избежать которых при съемке было невозможно. Часто негатив содержит два сюжета, каждый из которых может быть напечатан отдельно. Чтобы улучшить композицию фотоотпечатка или напечатать с одного негатива два разных снимка, прибегают к кадрированию.

Принадлежности для кадрирования. Самое простое приспособление для кадрирования — *два угольника*, изготовленных из плотного тонкого картона темного цвета или из черной неактиничной бумаги (рис. 91,*а*). Размер угольника должен быть несколько больше увеличиваемого снимка.

Более удобна для кадрирования *универсальная кадрирующая рамка* (рис. 91, *б*). Она состоит из доски, к которой прикреплен на шарнирах откидывающийся массивный

металлический угольник со скошенным на нет краем. На обе его стороны нанесены миллиметровые деления. К верхней части под прямым углом прикреплены прутки, вдоль которых перемещаются ползунки со стопорными винтами и тонкими металлическими линейками. В левом верхнем углу кадрирующей рамки имеются упоры для

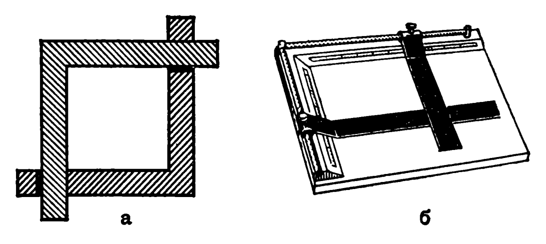


Рис. 91.
Принадлежности для кадрирования

фотобумаги, к которым она прижимается, когда угольник приподнят. В опущенном положении угольник плотно прижимает фотобумагу к основанию рамки. Кадрирующие рамки выпускаются размером от 18×24 до 30×40 *см*.

Рамка для получения белого канта, окаймляющего фотоотпечаток. Кант обычно шириной 5 *мм* значительно улучшает вид фотоотпечатка. Эти рамки изготовляют

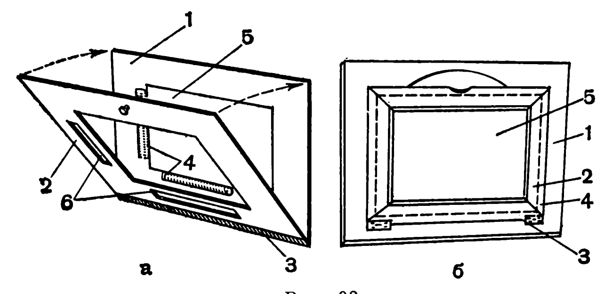


Рис. 92.
Схемы рамок для получения белого канта: *1* — основание, *2* — прижимная рамка, *3* — петли или полоса материи, *4* — упоры для фотобумаги, *5* — вырез по формату фотобумаги и *6* — вырезы для упорных валиков *4*

только для одного формата снимка, поэтому приходится иметь их набор по размеру делаемых увеличений (рис. 92).

Техника кадрирования. Кадрировать изображение удобнее всего на снимке 13×18 *см*, напечатанном полным кадром. Если по каким-либо соображениям этого сделать

нельзя, то кадрирование производят по негативному изображению, проецируемому на экран фотоувеличителя. Для этого на экран кладут лист белой бумаги и прижимают его чистым зеркальным стеклом. Затем проецируют негативное изображение, наводят его на резкость и, перемещая по стеклу два угольника, выбирают наилучший кадр. Основная трудность при этом — соблюдение параллельности между сторонами треугольников. Иначе фотоотпечаток не будет прямоугольным, и его придется впоследствии подрезать для устранения косины. Когда кадр выбран, белую бумагу заменяют фотобумагой и печатают пробный снимок.

Работа с кадрирующей рамкой значительно проще. Предварительно в рамку вкладывают лист белой бумаги и устанавливают ее на экран фотоувеличителя. Затем проецируют негативное изображение, добиваясь наилучшей резкости, после чего передвигают ползунки с линейками вдоль рамки, перекрывая ими ненужные детали изображения. Найдя наиболее удачный кадр, гасят электролампу фотоувеличителя, заменяют белую бумагу фотобумагой и печатают снимок.

Кадрирующая рамка дает белый кант на всех сторонах фотоотпечатка.

Искусство кадрирования. Кадрирование при увеличении — процесс творческий. Однако здесь фотограф более ограничен в своих действиях по сравнению с выбором кадра при съемке. Он может только изменять границы кадра, исправлять перспективные искажения, вызванные неправильным положением фотоаппарата при съемке, и несколько менять тональность всего изображения или его части (см. ниже).

Для кадрирования при увеличении, как и при фотографировании, не существует незыблемых канонов построения изображения. В то же время есть ряд правил, несоблюдение которых, за редким исключением, ведет к получению невыразительного снимка.

Эти правила излагаются в самом кратком объеме, а потому они будут несколько схематичными, так как детальное рассмотрение искусства композиционного построения кадра не входит в задачу этой книги. Интересующихся этим вопросом отсылаем к любой книге по композиции.

Но твердо запомните: *если эти правила противоречат вашему творческому замыслу — смело их нарушайте.* Не бойтесь ошибок — на них учатся!

В каждом снимке должны быть смысловой и зрительный центры. *Смысловым центром* снимка является объект, на который зритель должен обратить внимание. *Зрительным центром* обычно является геометрический центр снимка, определяемый пересечением диагоналей. Когда эти центры совмещены или расположены очень близко друг от друга, то фотография становится более выразительной. Кадрированием можно значительно сблизить эти центры и тем самым улучшить качество снимка, при этом надо стремиться вынести главный объект, определяющий смысловой центр, на передний план кадра. Этого легко достигнуть, изменяя соотношение сторон снимка, придавая кадру формат, наиболее подходящий по содержанию. При этом всегда надо учитывать, что пропорции вертикальных и горизонтальных сторон снимка прежде всего зависят от характера сфотографированного объекта. Вместе с тем следует помнить, что каждому формату присущи некоторые особенности, с которыми надо считаться.

Вертикальный формат создает иллюзию увеличения высоты узких объектов, например деревьев, высотных домов и т. д. Наоборот, он уменьшает высоту, прижимает к земле объекты, протяженные в длину.

Этот формат наиболее пригоден для архитектурных снимков. Его используют также в портретной фотографии, особенно при печати поясного портрета, при кадрировании натюрморта, в котором преобладают вертикальные линии, технических снимков высоких машин, приборов и т. д.

Снимки, сделанные с низкой точки съемки, печатают в этом же формате, так как он усиливает эффект высоты.

Горизонтальный формат подчеркивает длину и глубину объекта на кадре. Особенно он пригоден для печати снимков дали, сделанных с высокой точки съемки. Для усиления эффекта протяженности в глубину отношение горизонтальной стороны кадра к вертикальной можно довести до 2 : 1.

Горизонтальный формат снимка создает иллюзию уменьшения высоты объекта, если снимок сделан широкоугольным объективом, захватывающим большую площадь перед объектом, например зданием.

Горизонтальными делают фотоотпечатки ландшафтов, групповых портретов, жанровых снимков, натюрмортов без отчетливо выраженных вертикальных линий. В этом формате индивидуальный портрет печатают редко, обычно когда в изображение введены какие-либо предметы, характеризующие деятельность или быт портретируемого.

Квадратный формат делает снимок статичным. В фотографии им пользуются редко.

Первые два формата представляют собой прямоугольники. Соотношение их сторон также оказывает некоторое влияние на зрительное восприятие. Отношение сторон прямоугольника 1 : 2; 2 : 3 и 3 : 4 придает формату статическую симметрию, ощущение которой вызывается, видимо, тем, что его площадь делится на целое число равных квадратов. Отношение сторон прямоугольника, площадь которого не делится на целое число равных квадратов, придает формату динамическую симметрию. Наиболее благоприятное впечатление дают отношения сторон 1 : 1,4; 1 : 1,7; 1 : 2,2 и 1 : 1,618. Пропорция последнего прямоугольника соответствует золотому сечению.

Считается, что формат со статической симметрией наиболее подходит для ландшафтных и архитектурных снимков, а формат с динамической симметрией — для спортивных, жанровых и портретных снимков.

Вновь подчеркиваем, что «считается» не означает «рекомендуется», так как пропорция снимка прежде всего зависит от его содержания. Содержание — первопричина, форма — ее следствие и одно неотделимо от другого.

Кадрируя изображение в тот или иной формат, надо руководствоваться еще и следующими указаниями.

Во-первых, всегда оставлять некоторое свободное пространство по направлению движения объекта или поворота, жеста, взгляда человека на портретном или жанровом снимке. Это пространство не нарушает равновесия композиции и в то же время придает изображению живость и динамичность, которые исчезают или почти исчезают, если это правило не соблюдается.

Во-вторых, устранять кадрированием случайные и ненужные элементы изображения, расположенные на краях кадра, и тем самым улучшать целостность композиции.

В-третьих, так кадрировать незаполненную изображением верхнюю часть снимка, чтобы зрительный центр кадра совмещался со смысловым или они расположились бы рядом. Особенное значение имеет правильная пропорция между верхней частью фона и изображением в поясном портрете. Если верхняя часть фона очень велика, то смысловой центр композиции — лицо человека — смещается к низу и не совпадает со зрительным центром. Фон должен быть такой высоты, чтобы смысловой и зрительный центры находились на лице портретируемого. Также недопустимо, чтобы фон над головой портретируе-

мого был мал. В этом случае голова почти упирается в рамку кадра, отчего зрительный центр снимка перемещается на корпус человека, который, разумеется, не может быть смысловым центром (исключение составляют рекламные снимки одежды).

У головного же портрета высота фона над головой портретируемого должна быть, наоборот, небольшой — иначе нарушится пропорция изображения. Обрез кадра может проходить даже по волосам портретируемого без ущерба качества композиции. Этот прием часто дает превосходные портреты.

46. ГРАДАЦИОННОЕ ВЫРАВНИВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ВО ВРЕМЯ ЭКСПОНИРОВАНИЯ

Негатив с очень неравномерной оптической плотностью изображения, т. е. с большим интервалом плотностей, обычно дает неудовлетворительный фотоотпечаток, так как на нем наряду с недопечатанными участками изображения имеются сильно перепечатанные. Если такой негатив по каким-либо соображениям нельзя исправить дополнительной обработкой, то позитивное изображение улучшают во время проекционной печати. Это осуществляют *способом экранирования*, часто называемым оттенением и *способом дробной выдержки с проявлением*. Первый способ наиболее распространен.

Способ экранирования. Он заключается в том, что на пути светового потока, идущего от участка негатива с небольшой оптической плотностью, помещают на некоторое время непрозрачный экранчик; это уменьшает большую разность экспозиций, получаемую фотобумагой от прозрачных и малопрозрачных участков негатива. В результате оптическая плотность позитивного изображения станет более равномерной.

Форма и размер экранчика зависят от величины и конфигурации прозрачного участка негатива (рис. 93,*а*). Экранчики делают из тонкого прочного картона темного цвета. Светлый картон можно окрасить тушью или оклеить черной неактиничной бумагой. Большой экранчик обычно держат непосредственно в руке (рис. 93,*б*, *г*), маленький — на ручке из проволоки. Экранировать световой поток можно также одной или двумя руками, как показано на рис. 93,*в*, *д*.

Экранчик или руку во время экспонирования непрерывно передвигают параллельно фотобумаге. Иначе на

фотоотпечатке получится резкая граница тени, отбрасываемой экранчиком или рукой. Надо учитывать, что, чем ближе расположен экранчик от светочувствительного слоя фотобумаги, тем более резкой выйдет его граница, поэтому рекомендуется держать его не ближе $^1/_3$ расстояния экрана фотоувеличителя от объектива.

Техника экранирования при увеличении зависит от вида неравномерности почернений негативного изображе-

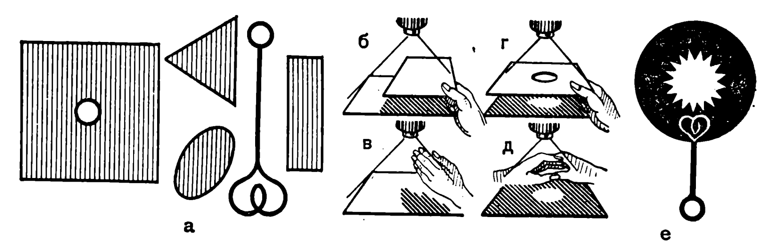


Рис. 93.
Экранчики для экранирования при увеличении и техника экранирования

ния. Она может быть двоякой: а) когда на негативе наряду с прозрачными тенями имеются слишком плотные свет́а и б) когда у негатива оптическая плотность только одного изображения слишком велика по сравнению с общей относительно равномерной плотностью изображения.

Увеличение с первого негатива будет неудовлетворительным из-за отсутствия многих деталей в тенях или свет́ах, имеющихся на негативе, а на фотоотпечатке со второго негатива не проработаются детали только на самом ярком участке изображения.

Чтобы определить продолжительность экспонирования при печати с первого негатива, сначала пробами находят правильные выдержки для самого прозрачного и наиболее темного его участков. Предположим, что выдержки соответственно равны 4 и 16 *сек*. После определения частных выдержек приступают к печати основной пробы. По истечении 4 *сек* начинают экранировать светлый участок негативного изображения и продолжают его до окончания полной выдержки (16 *сек*) (рис. 93,*б*, *в*). Пробу проявляют и, если потребуется, изменяют время экспонирования и контрастность фотобумаги.

При печати негатива второго типа сначала определяют выдержку для участков негатива с относительно равномерной оптической плотностью. Затем с этой выдержкой экспонируют все негативное изображение. После чего экранируют фотобумагу экранчиком с отверстием, рас-

полагая его против участка с повышенной плотностью, и производят дополнительное экспонирование (рис. 93, *г*, *д*).

Способ дробной выдержки с проявлением. Уменьшить контраст изображения и увеличить число деталей на нем можно также дробным экспонированием с двойным проявлением. Для этого перед первым экспонированием фотобумагу опускают в проявитель на 1,5—2 *мин.* Затем с ее светочувствительного слоя и подложки снимают фильтровальной бумагой избыток проявителя. После чего фотобумагу укладывают на экран фотоувеличителя и экспонируют.

Первое экспонирование должно составлять $^1/_3$ нормальной выдержки. После чего на 3—4 *мин* выключают в фотоувеличителе свет. За это время проявитель, находящийся в светочувствительном слое фотобумаги, восстановит некоторую часть микрокристаллов галогенида серебра, образуя слабое почернение в тенях.

Далее производят второе экспонирование до полной выдержки. Серебро изображения, образовавшееся во время первого экспонирования и проявления, экранирует микрокристаллы галогенида серебра светочувствительного слоя, лежащие под ним. Отчего за вторую выдержку свет подействует на них очень слабо и при втором проявлении они будут восстановлены в металлическое серебро только частично.

В результате на участках, экранированных серебром первого изображения, при втором проявлении серебра образуется очень мало, а на участках без изображения за это время серебра восстановится много. Отчего контраст позитивного изображения уменьшится, а детали в тенях и света́х будут более полно проработаны.

Смягчение изображения. Оно заключается в придании контурам изображения незначительной размытости, которая вызывает впечатление мягкости рисунка. К нему прибегают для ослабления зернистости изображения при большом увеличении негатива, полученного на высокочувствительной фотопленке; для сглаживания на портрете резко выраженных морщин и дефектов кожи лица; для придания мягкости рисунку пейзажного снимка и т. д.

Изображение смягчают с помощью насадочной линзы, диффузора и сетки. Одно из этих приспособлений *после установки изображения на резкость* надевают на объектив фотоувеличителя, а затем экспонируют.

Насадочная линза представляет собой положительную или отрицательную линзу в оправе, надеваемую на объек-

тив для изменения величины его фокусного расстояния. Насадочная линза, нарушая коррекцию объектива, придает мягкость изображению. Она тем выше, чем больше оптическая сила насадочной линзы. Такие линзы выпускаются отечественной промышленностью для малоформатных фотоаппаратов. Они рассчитаны для фотосъемки и при увеличении незначительно смягчают изображение. Поэтому для этой цели лучше пользоваться самодельными насадочными линзами из очковых стекол, например с оптической силой в +2 или +3 диоптрии, которые, сильно нарушая коррекцию объектива, придают изображению значительную мягкость.

Диффузор представляет собой: а) плоскопараллельную стеклянную пластинку с квадратной сеткой или концентрическими кругами, нанесенными алмазом на расстоянии 2—3 *мм* друг от друга (рис. 94, *а*), б) узкие полоски стекла

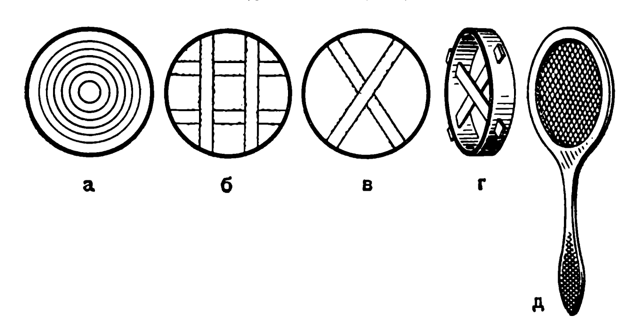


Рис. 94.
Различные типы смягчителей изображения

шириной $^1/_{10}$ диаметра объектива фотоувеличителя и толщиной 0,8—1 *мм*. Чем более зазубрены края полос, тем большей будет мягкость изображения. Полоски стекла вставляют в оправу в одном из положений, показанных на рис. 94, *б*, *в*, *г*.

Сетка представляет собой кусок шелкового шифона, тонкого капронового чулка, тюля и т. п., натянутого на прямоугольную или круглую рамку (рис. 94,*д*). Сетка надевается непосредственно на объектив фотоувеличителя или устанавливается на некотором расстоянии от него.

Степень смягчения изображения зависит от размера ячейки сетки и ее расстояния от экрана. Чем мельче ячейки сетки и чем дальше она находится от объектива, тем более мягким будет изображение. Мягкость рисунка мож-

но изменять дробной выдержкой, например, экспонируя с сеткой $^2/_3$ времени, а без нее $^1/_3$. Надо учитывать, что сетка из-за рассеяния света требует большей выдержки. Сетку из очень тонких ниток с крупными ячейками можно даже укладывать на фотобумагу.

Растушевка изображения. Она заключается в том, что оптическая плотность позитивного изображения постепенно уменьшается от центра к краям. Ее применяют почти исключительно в портретной фотографии. Растушевку производят экранчиком со звездообразным вырезом (рис. 93, *е*), который располагают на такой высоте, чтобы зубчики выреза слегка срезали световой поток, падающий из объектива фотоувеличителя.

Начало границы падения плотности изображения зависит от расстояния от экранчика до объектива фотоувеличителя, которое в свою очередь зависит от диаметра отверстия в ней. Точное положение экранчика находят опытным путем.

Во время выдержки экранчик непрерывно слегка перемещают вверх и вниз — иначе граница растушевки выйдет резкой.

47. ГРАДАЦИОННОЕ ВЫРАВНИВАНИЕ ПОЗИТИВНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ МЕТОДОМ МАСКИРОВАНИЯ

Маскирование позволяет улучшать качество позитивного изображения при печати с вялого и очень контрастного негатива, не подвергая его химической обработке или ретуши. Этот метод заключается в получении с негатива контактным способом *нерезкой маски* (позитива или негатива) на прозрачной подложке. Маску накладывают на негатив, совмещая их изображения. Затем экспонируют через такой «двойной негатив».

Нерезкую маску применяют потому, что она не требует очень точного совмещения контуров изображений, что было бы необходимым и достаточно трудным при резкой маске.

Маскирование контрастного негатива. Этот метод используется для уменьшения позитивной маской интервала оптических плотностей почернений негатива ($\Delta D^{\text{нег}}$), что улучшает проработку деталей в тенях и светах позитивного изображения. Разность $D_{\text{макс}} - D_{\text{мин}}$ при наложении маски с позитивным изображением на негатив уменьшается потому, что прозрачным участкам негатива соответствуют плотные участки маски, а его плотным участ-

кам — прозрачные участки маски. Чем выше оптическая плотность маски, тем меньшим будет $\Delta D^{\text{нег}}$ +маска. Обычно $\Delta D^{\text{нег}}$ снижают настолько, чтобы он был несколько меньше полезного интервала экспозиций фотобумаги. Кроме того, этот способ позволяет увеличивать кажущуюся резкость деталей на фотоотпечатке или диапозитиве.

Такое визуальное улучшение резкости объясняется тем, что маскирование, уменьшая интервал оптических плотностей почернений негатива, не изменяет контраста между деталями изображения. Когда $\Delta D^{\text{нег}}$ уменьшен, то используют более контрастную фотобумагу, отчего контрасты между деталями, не измененные маской, увеличиваются значительнее по сравнению с контрастом изображения в целом и оно становится как бы более резким.

Маска должна быть менее плотной и менее контрастной, чем негатив. Поэтому ее надо печатать на малоконтрастных фотоматериалах — полутоновых репродукционных фотопластинках или фототехнических пленках ФТ-10. Если пользоваться для этой цели контрастным фотоматериалом, предположим диапозитивной фотопластинкой, маска получается контрастной. В этом случае при печати негатива + контрастная маска может образоваться на фотоотпечатке белая кайма у деталей с большой оптической плотностью.

Маску получают нерезкой контактной печатью, помещая между негативом и позитивным фотоматериалом стеклянную пластинку толщиной 2—3 *мм*. Освещение при печати обязательно должно быть рассеянным, так как направленное освещение часто вызывает образование каймы около контуров деталей. Проявляют маску в мягкоработающем проявителе, например № 1 (см. табл. 4), разбавляя его водой вдвое.

Чтобы облегчить последующее совмещение маски с негативом, на нем предварительно вне изображения, например внизу и вверху, прочерчивают черной тушью две небольшие линии, пересекающие друг друга под прямым углом (крестик). Хотя на маске они выйдут нерезкими, по ним все же с достаточной точностью можно совместить маскирующее изображение с негативным. Затем негатив с маской окантовывают и печатают на фотобумаге. Окантовку надо производить аккуратно — иначе изображения будут сдвинуты.

Более просто маску можно совместить с негативом, если центры крестиков проколоть тонкой иглой и, пропустив через прокол черную нитку, завязать ее.

Рис. 95 иллюстрирует, насколько маскирование контрастного негатива улучшает позитивное изображение.

Маскирование вялого негатива. Если к негативу с очень малым интервалом оптических плотностей невозможно подобрать фотобумагу, то $\Delta D^{\text{нег}}$ увеличивают негативной маской.

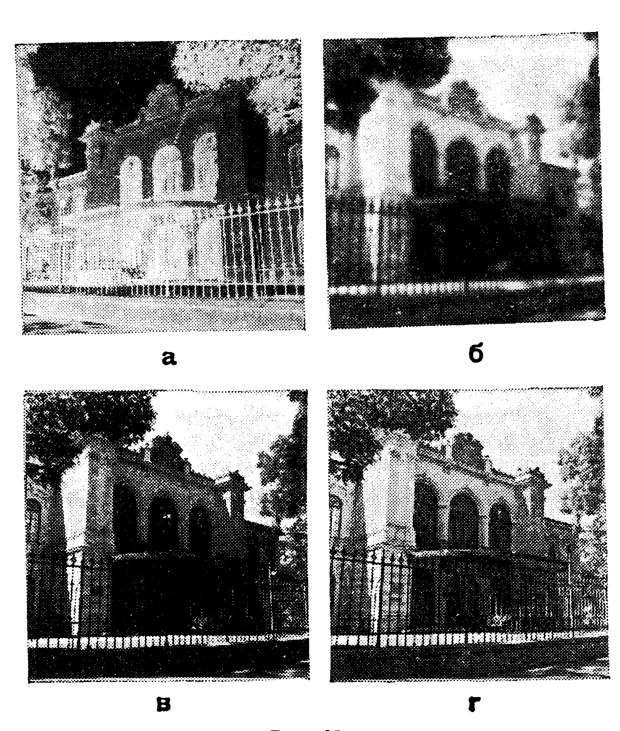


Рис. 95.
Улучшение изображения с помощью маски: *а* — негатив, *б* — нерезкая маска с негатива, *в* —фотоотпечаток, полученный непосредственно с негатива, и *г* — фотоотпечаток, напечатанный с негативной маской

Для этой цели позитивную нерезкую маску, полученную, как было описано выше, печатают на малоконтрастном фотоматериале и мягко проявляют. Понятно, что она будет иметь нерезкое негативное изображение.

Затем одним из способов, указанных выше, негативную маску совмещают с оригинальным негативом и печатают.

Маскирование позволяет получать удовлетворительные позитивы с очень малоконтрастного негатива при условии, если на нем имеется достаточно деталей.

48. ГРАДАЦИОННОЕ УЛУЧШЕНИЕ ПОЗИТИВА ПЕЧАТЬЮ ТОНИРОВАННОГО ИЛИ ОТБЕЛЕННОГО НЕГАТИВА

Качество позитива можно значительно улучшить, если печатать негатив, предварительно тонированный в голубовато-синий цвет или отбеленный в нижеприводимых растворах. Первый процесс — необратимый, второй — позволяет после использования негатива вновь получить изображение из металлического серебра, для чего отбеленный негатив проявляют в любом выравнивающем проявителе.

Исправление негатива тонированием. Этот метод позволяет получать на позитиве мельчайшие детали негативного изображения, что особенно важно для технических снимков, например микрофотографий. Особенно полно они передаются в светá́х. *Печать тонированного негатива производят на особоконтрастной фотобумаге.*

Сущность метода заключается в переводе серебра изображения негатива в берлинскую лазурь, отчего он становится голубовато-синим. При экспонировании такой негатив изменяет спектральный состав света, пропуская лучи, наиболее актиничные для позитивных фотоматериалов, что уменьшает эффективную (копировальную, или печатную) оптическую плотность негатива. В результате чего происходит улучшение передачи деталей на позитиве.

ТОНИРУЮЩИЙ РАСТВОР

I.	Красная кровяная соль	10 *г*
	Двухромовокислый калий (1%-ный раствор)	1,3 *мл*
	Вода	до 1 *л*
II.	Железоаммиачные квасцы	21,2 *г*
	Вода	до 1 *л*
III.	Щавелевая кислота кристаллическая	50 *г*
	Вода	до 1 *л*

Непосредственно перед употреблением смешивают равные части трех запасных растворов. Эту операцию, а также тонирование негатива следует производить при слабом освещении, так как раствор светочувствителен. Продолжительность тонирования 5—10 *мин*, в зависимости от оптической плотности. Затем негатив споласкивают в воде и помещают на 5 *мин* в 3%-ный нейтральный фиксирующий раствор. Закрепитель должен иметь нейтральную реакцию, так как даже слабощелочной раствор, каким являет-

ся раствор тиосульфата натрия, обесцвечивает берлинскую лазурь.

Закрепитель нейтрализуют, добавляя в него небольшие порции следующего раствора:

Уксусная кислота 30%-ная	**1** *мл*
Сернокислая медь кристаллическая . .	**2** *г*
Вода	**до 1** *л*

Лакмусовая бумажка — вполне достаточный индикатор для определения нейтрализации фиксажа.

Негатив после закрепления промывают в воде 15—20 *мин.*

Такой негатив сокращает продолжительность экспонирования, что особенно удобно при получении больших фотоувеличений.

Исправление негатива отбеливанием (метод голокопии). Этот метод сильно уменьшает зернистость негатива и дает очень деталированное, с большим числом полутонов позитивное изображение на фотобумаге и на позитивных фотоматериалах с прозрачной подложкой. Он настолько улучшает передачу деталей на позитиве, что малоформатный негатив делается равноценным крупноформатному черно-белому негативу. Кроме того, голокопия позволяет с негативов, снятых на высокочувствительных крупнозернистых негативных фотоматериалах получать позитивы, у которых при проекционной печати зернистость изображения менее резко выражена, чем у изображений, сделанных с обычного черно-белого негатива.

Процесс назван голокопией (от греческого слова holos — совершенный).

Он заключается в том, что на черно-белом негативном фотоматериале производят съемку с 2—3-кратной передержкой. Так экспонированный фотоматериал проявляют в выравнивающем проявителе и, следовательно, получают негатив с повышенной оптической плотностью. Его тщательно фиксируют и промывают.

Съемку производят с передержкой потому, что в этом случае изображение образуется не только на крупных высокочувствительных микрокристаллах галогенида серебра, но и на мелких — менее светочувствительных, которые из-за большой разрешающей способности запечатлевают мельчайшие детали объекта. Поэтому при передержке негативное изображение содержит бо́льшую информацию об объекте по сравнению с негативом, полученным с нормальной выдержкой. Однако при обычной

печати не удается воспроизвести на позитиве увеличенную информацию, имеющуюся у передержанного черно-белого негатива. Это происходит по двум причинам: 1) крупные зерна проявленного серебра экранируют во время печати мелкие зерна, содержащие информацию о мельчайших деталях объекта, и 2) из-за большого интервала оптических плотностей негатива, отчего ряд тонов на нем, обозначенных пунктиром на первой кривой почернений (рис. 96), выйдет на позитиве одним тоном.

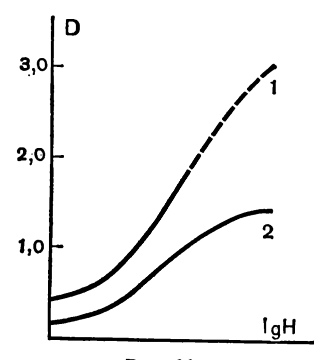


Рис. 96.
Кривые плотностей черно-белого негатива: *1* — до отбеливания, *2* — после отбеливания

Совершенно другая картина наблюдается, когда негатив отбелен по рецепту, приведенному ниже. В этом случае серебро изображения превращается в хлористое серебро — вещество, достаточно прозрачное для света. Поэтому при *сильной освещенности при печати* свет пройдет через все микрокристаллы хлористого серебра, отчего на позитиве будет передано значительно большее количество деталей, чем при печати черно-белого негатива.

Кроме улучшения передачи мелких деталей голокопия позволяет воспроизводить на позитиве раздельными тонами мало отличающиеся друг от друга почернения негатива из-за значительного снижения у него интервала плотностей, что видно из кривой *2* на рис. 96. Это увеличивает число тонов на позитивном изображении и, следовательно, улучшает передачу незначительных различий яркостей у объекта. Объясняется такое явление тем, что микрокристаллы хлористого серебра поглощают фиолетовый участок спектра, отчего на светочувствительный слой позитивного фотоматериала в основном действуют более длинноволновые лучи спектра, вследствие чего увеличивается эффективная (печатная) плотность негатива, в свою очередь приводящая к росту контраста между деталями позитивного изображения. Сказанное иллюстрирует рис. 97.

Особенно значительно улучшается изображение на позитиве, когда с передержкой был сфотографирован контрастный объект. При съемке малоконтрастного объекта деталированность изображения, полученного по опи-

сываемому методу, мало чем отличается от обычной печати. Недоэкспонированный негатив исправлять этим способом не следует, так как качество позитива от этого не улучшится. Однако резкость контуров на таком позитиве будет несколько выше по сравнению с их резкостью на позитиве, напечатанном с черно-белого негатива. При некоторых

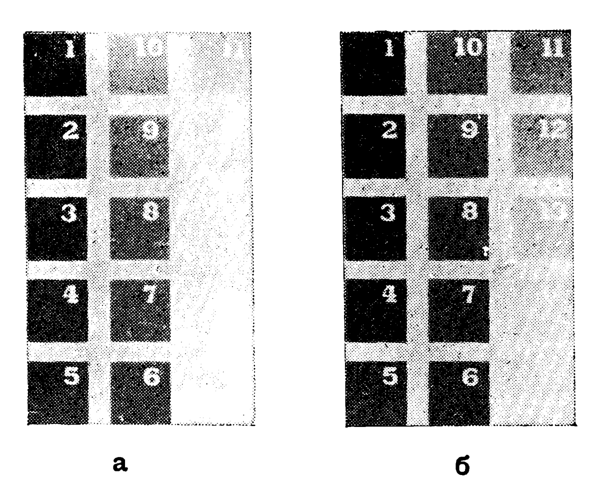


Рис. 97.
Отпечаток шкалы, полученный обычным способом (*а*) и методом голокопии (*б*)

технических съемках эта особенность изображения может представить интерес.

Позитивы, полученные с отбеленного нормально экспонированного негатива, проявленного в выравнивающем проявителе, почти не имеют вышеуказанных преимуществ. В этом случае отбеливать негатив рекомендуется только тогда, когда был сфотографирован объект с очень глубокими тенями, детали в которых необходимо воспроизвести на позитиве. Если же нормально экспонированный фотоматериал проявить в энергично действующем проявителе (например, в № 1 табл. 4), а затем его отбелить, то при печати качество позитива улучшится.

Для отбеливания пользуются следующим раствором:

ОТБЕЛИВАЮЩИЙ РАСТВОР

Сернокислая медь кристаллическая . .	**100** *г*
Хлористый натрий	**100** *г*
Вода	**до 1** *л*
Серная кислота концентрированная или аккумуляторная	**25** *мл*

Примечание. Правила обращения с концентрированной серной кислотой см. на стр. 16.

Негатив отбеливают до тех пор, пока все серебро изображения не превратится в хлористое серебро. Процесс прекращают, когда негатив со стороны подложки станет молочно-белым. Затем его промывают до исчезновения голубоватой окраски и сушат. Печатать можно любым способом, но лучше проекционным. Надо заметить, что контрастные сорта фотобумаг часто дают лучший результат по сравнению с фотобумагами другой степени контрастности.

49. ВПЕЧАТЫВАНИЕ ОБЛАКОВ

Отсутствие облаков на снимке обычно снижает его выразительность. Улучшить ее можно, впечатав в снимок изображение облаков с другого негатива. Для этой цели рекомендуется иметь ряд негативов, на которых сняты только облака различного вида. Их набор необходим, чтобы правдоподобно сочетать вид облаков с характером сюжета.

Перед впечатыванием определяют величину выдержки для основного негатива и для негатива с изображением облаков. Эту операцию осуществляют любым из описанных способов.

Впечатывание облаков производят с помощью двух фигурных масок, граница раздела которых должна точно соответствовать контурам наземной части снимка. Эти маски получают, аккуратно разрезав на две части фотоотпечаток, увеличенный в меньшем масштабе, чем предполагаемое увеличение. Размер маски определяют из двух подобных треугольников, вершины которых лежат в передней узловой точке объектива, а основания представляют стороны маски и увеличенного фотоотпечатка. Если маску предполагается установить перед экраном на высоте, равной, например, $^1/_3$ расстояния экран — объектив, то размеры сторон ее должны быть уменьшены также на $^1/_3$.

Таким образом, если увеличение предполагают сделать размером 18×24 *см*, то маска должна быть 6×8 *см*.

Практикой установлено, что маску лучше всего располагать на расстоянии 0,2—0,4 общего расстояния между объективом и экраном, считая от последнего. Такое положение ее обеспечивает наиболее тональный переход. Чем меньше расстояние от маски до экрана, тем менее

размытым будет ее контур. Он станет отчетливым, когда маска лежит на фотобумаге.

Разрезать фотоотпечаток надо так, чтобы обрез был прямым, а не скошенным, и проходил точно по контурам предметов на горизонте. Для этой цели лучше всего пользоваться очень острым глазным скальпелем. При этом фотоотпечаток кладут на твердую гладкую поверхность — толстое стекло, металлическую пластинку. Мягкое основание дает нечеткий срез. Если контур очень извилистый, то маску надо вырезать очень острыми ножницами — иначе края обреза будут мятыми. Белые края срезов закрашивают тушью или черной акварельной краской. Для изготовления маски используют фотобумагу картонной плотности. Если ее сделать на тонкой фотобумаге, она может слегка провиснуть и тем исказить изображение. Чтобы придать такой маске жесткость, ее наклеивают на картон, а еще лучше—на лист чистого стекла.

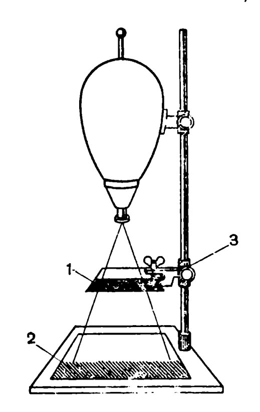


Рис. 98. Расположение маски при впечатывании облаков: *1* — маска, *2*— фотобумага с тенью от маски, *3*— подвижный держатель маски

При впечатывании фотобумагу обязательно помещают в кадровальную рамку — иначе в процессе увеличения ее можно сдвинуть и тем самым нарушить точность совмещения изображений.

Установив кадровальную рамку с фотобумагой, на нее через защитный светофильтр фотоувеличителя проецируют основной негатив. На краях фотобумаги, вне будущего изображения, мягким черным карандашом отмечают положение горизонта. Затем с помощью держателя (рис. 98) устанавливают маску, экранирующую небо, на такой высоте, чтобы тень от ее контура чуть-чуть перекрывала отметку положения горизонта на фотобумаге. Если пренебречь этим указанием, то обязательно образуется темная или белая полоса на стыке неба и земли.

Установив маску, негатив экспонируют, включая свет тумблером. Затем при неактиничном освещении основной негатив заменяют негативом с облаками, а вместо первой маски устанавливают вторую, экранируя ею наземную часть изображения. Ее контур даст также размытую линию, которая должна совпасть с размытым контуром маски

неба. Незначительное наложение контуров одного на другой не вызовет почти никакой потери деталей изображения и обеспечит плавный и незаметный переход одной части

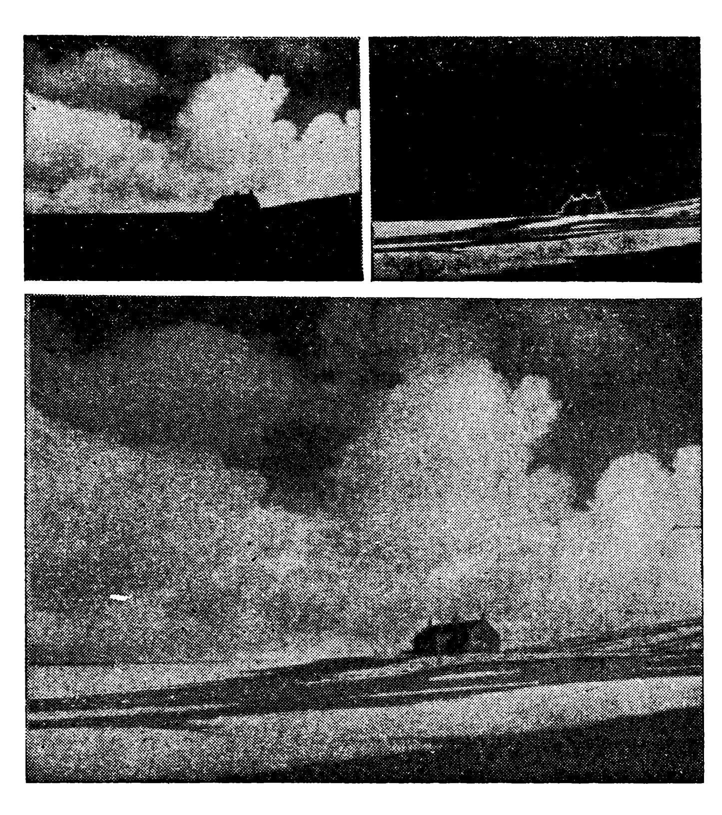


Рис. 99.
Иллюстрация впечатывания облаков: *вверху* — исходные изображения, *внизу* — совмещенное

изображения в другую. Дважды экспонированную фотобумагу обрабатывают обычным способом. На рис. 99 приведены исходные и совмещенные изображения.

50. ГРАДАЦИОННОЕ ВЫРАВНИВАНИЕ ПОЗИТИВНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Если по каким-либо причинам нельзя печатать контрастный негатив одним из способов, описанных в § 47 и 48, то полученный позитив с неравномерной плотностью изображения улучшают химическим способом.

В этом случае получают позитив с хорошо проработанными светами, не обращая внимания на тени, которые могут стать из-за этого сильно перепечатанными. Позитив хорошо закрепляют, тщательно промывают и обрабатывают в отбеливающем растворе, пока света́ изображения полностью не отбелятся. За это время тени отбелятся только частично.

ОТБЕЛИВАЮЩИЙ РАСТВОР

Красная кровяная соль	**10** *г*
Бромистый калий	**12** *г*
Вода	**до 500** *мл*

Затем позитив промывают 2 *мин* в проточной воде и тонируют сернистым натрием до полного восстановления деталей в света́х.

ТОНИРУЮЩИЙ РАСТВОР

Сернистый натрий	**2** *г*
Вода	**до 400** *мл*

После тонирования фотоотпечаток промывают 5 *мин* в проточной воде и подвергают его вторичному отбеливанию. Его продолжают до тех пор, пока тени изображения не отбелятся в требуемой степени, определяемой фотографом на глаз. В результате некоторая часть серебра в тенях не будет окислена.

Снимок вновь промывают 2 *мин*, фиксируют в кислом дубящем закрепителе и еще раз хорошо промывают. При этом из фотослоя удаляется железистосинеродистое и бромистое серебро, образовавшееся в процессе отбеливания. В результате изображение светов на фотоотпечатке состоит из сернистого серебра, а теней — из сернистого серебра и оставшегося непрореагированным металлического серебра.

Для улучшения тона изображения серебро, оставшееся в тенях, отбеливают и тонируют сернистым натрием, соблюдая все стадии процесса, описанные выше. Если полученный тон сепии удовлетворяет фотографа, процесс исправления на этом заканчивают.

В противном случае коричневое изображение, состоящее из сернистого серебра, переводят в серебряное. Для этого фотоотпечаток обрабатывают в отбеливающем растворе другого состава.

ОТБЕЛИВАЮЩИЙ РАСТВОР

Двухромовокислый калий	**3** *г*
Бромистый калий	**6** *г*
Соляная кислота концентрированная .	**150** *мл*
Вода	**до 1** *л*

После чего фотоотпечаток тщательно промывают и проявляют в любом позитивном проявителе.

Из-за большого содержания в растворе соляной кислоты фотослой иногда пузырится и сползает. Тогда фотоотпечаток предварительно дубят в 3—5%-ном растворе формалина.

51. УСТРАНЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИСКАЖЕНИЙ

Перспективные искажения негативного изображения возникают, если фотографируют объект, направляя на него оптическую ось объектива фотоаппарата снизу вверх или сверху вниз. Искажения увеличиваются, если одновременно допускается перекос фотоаппарата, т. е. если одна из сторон кадра наклонена к линии горизонта под некоторым углом. На рис. 100 показано, какую форму приобретает изображение квадрата (*а*) при различных положениях фотоаппарата в момент съемки.

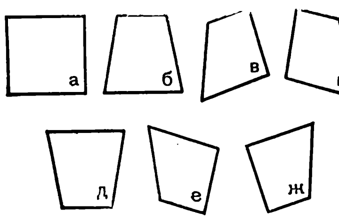


Рис. 100.
Схема нарушений перспективного подобия при съемке: *а* — объект съемки, *б* — искажение квадрата при направлении оптической оси объектива вверх; *в* и *г* — направление оси то же, но фотоаппарат был еще наклонен влево или вправо; *д* — оптическая ось объектива направлена вниз; *е* и *ж* — такое же направление оси при наклонении фотоаппарата влево или вправо

Перспективные искажения негативного изображения устраняют на фотоотпечатке *методом фототрансформации*, которую производят фотоувеличителем специальной конструкции — *фототрансформатором*.

Метод фототрансформации основан на нарушении подобия между фигурами на негативе и позитиве, которое имеет место, когда они при проекционной печати взаимно параллельны. Для этого в фототрансформаторе рамку-держатель для негатива, объектив и экран делают поворачивающимися на некоторые углы относительно горизонта. Причем ось вращения объектива должна проходить через его переднюю узловатую точку, а оси вращения экрана и рамки-держателя должны быть перпендикулярными к оптической оси фототрансформатора.

При фототрансформации необходимо добиваться взаимного пересечения плоскостей, проходящих через негатив N, экран $Э$ и первую узловую точку объектива O_1, как это показано на рис. 101, на котором для наглядности

изображены не плоскости, а их проекции. В этом случае разные участки негатива проецируются на экран в неодинаковом масштабе, изменения которого будут обратными его изменению при съемке под углом к горизонту. В результате происходит выпрямление масштаба и позитивное изображение становится подобным объекту.

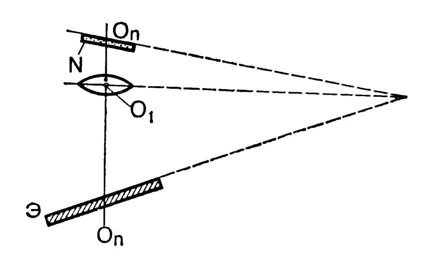


Рис. 101.
Принципиальная схема фототрансформирования

Взаимное пересечение плоскостей, проходящих через негатив, объектив и экран, обеспечивает высокую резкость по всему полю позитивного изображения без сильного диафрагмирования объектива. Математическое доказательство этой закономерности довольно сложное и потому не приводится. Его можно найти в любом руководстве по фотограмметрии.

Фототрансформатором можно устранить все искажения изображений, показанные на рис. 100, даже если они весьма значительны.

У стандартных фотоувеличителей рамка-держатель негатива, объектив и экран не имеют уклонов, поэтому ими можно устранять только искажения *б* и *д* на рис. 100 и при условии, если они незначительны. Следовательно, при фотосъемке надо избегать перекосов фотоаппарата.

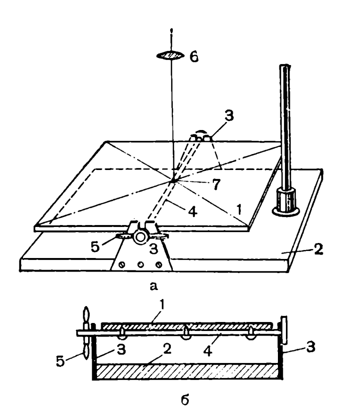


Рис. 102.
Схематический чертеж съемного экрана для устранения перспективных искажений при увеличении стандартным фотоувеличителем: *а* — перспектива, *б* — поперечный разрез

Для фототрансформирования стандартным фотоувеличителем нужно установить на нем съемный экран *1* (рис. 102), допускающий уклоны. Ось его вращения *4* должна пересекаться оптической осью объектива фотоувеличителя *6*, быть параллельной плоскости экрана и перпендикулярной к его длинной стороне.

Чтобы определить положение оси вращения подвижного экрана, находят на экране фотоувеличителя точку пересечения его оптической осью объектива *7*. Делается это с помощью негатива, на котором предварительно прочерчивают тушью диагонали. Точка их пересечения приблизительно соответствует главной точке негатива. Ее проекция на экран фотоувеличителя обозначит точку пересечения его оптической осью объектива. Через эту точку проводят линию, перпендикулярную длинной стороне экрана фотоувеличителя. Против этой линии к боковым сторонам экрана фотоувеличителя *2* прикрепляют шурупами металлические щечки с вырезом *3* для установки в них оси *4* подвижного экрана. Вырез щечек располагают симметрично относительно линии, проходящей через экран. Ось подвижного экрана вставляют в пазы щечек и в нужном положении закрепляют барашком *5*.

Рамка-держатель также должна допускать наклон негатива, угол которого обычно бывает небольшим. Выполнить это требование значительно труднее, так как оно связано с переделкой проектора. Проще переделать крепление осветителя так, чтобы его можно было наклонять на небольшой угол.

Переделка крепления проектора или рамки-держателя негатива желательна, но не необходима, если нет строгих требований к резкости изображения и к параллельности вертикальных линий на позитиве.

При фотографировании одним подвижным экраном надо соблюдать следующие правила:

1. Производить наводку на резкость при полной диафрагме по центральной части изображения, затем диафрагмировать объектив для получения резкости всего изображения.

2. Диафрагмировать объектив тем значительнее, чем больше угол наклона подвижного экрана.

Контактной фотографической печатью пользуются для получения фотоотпечатков с крупноформатного негатива (от 9×12 см и выше). Она незаменима, когда фотоотпечатки размножают большим тиражом, например фотооткрытки, групповые, «памятные» снимки, репродукции и т. д. В главе рассмотрены практика контактной печати и элементы ее теории.

8. КОНТАКТНАЯ ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ ПЕЧАТЬ

52. СВЕТОРАССЕЯНИЕ ПРИ КОНТАКТНОЙ ПЕЧАТИ

При контактной печати светочувствительный слой фотобумаги плотно прижимается к эмульсионной стороне негатива, вследствие чего на него при экспонировании действуют лучи света, прошедшие через каждый данный участок негатива. Таким образом, на фотобумагу действует и направленный и диффузный свет. Лучи его, пройдя через негатив, частично поглощаются микрокристаллами светочувствительного слоя фотобумаги, вызывая в них образование скрытого изображения. Не поглощенная часть светового потока отражается баритовым слоем фотобумаги обратно к негативу. Отраженные лучи света, встречая зерна металлического серебра почернений негатива, вновь отражаются в светочувствительный слой фотобумаги и т. д. Следовательно, при экспонировании во время контактной печати происходит многократное отражение света между этими двумя слоями.

Исследования показали, что при контактной печати количество отраженного света почти не зависит от вида поверхности фотобумаги: оно у матовых фотобумаг только на 2—3% ниже, чем у глянцевых. Это на первый взгляд парадоксальное явление легко объяснимо. Если рассматривать с некоторого расстояния глянцевую и матовую фотобумаги, то глянец поверхности первой обусловливается преобладанием зеркального отражения, которое отсутствует у матовой фотобумаги, так как она рассеивает свет только диффузно. От этого и зависит различный вид матовой и глянцевой фотобумаг, когда их рассматривают с некоторого расстояния и под каким-либо углом. Если же определить общее количество света, отражаемого поверхностью фотобумаг под всеми углами, то оно будет почти одинаковым у матовых и глянцевых фотобумаг.

При контактной печати имеет значение общее количество света, действующее на светочувствительный слой фотобумаги, которое выражается суммой зеркально-отраженного и диффузно-рассеянного света. Следовательно, вид ее поверхности не оказывает существенного влияния на количество освещения, получаемого светочувствительным слоем при экспонировании.

Из изложенного можно сделать вывод, что *светорассеяние при контактной печати играет второстепенную роль и может не учитываться конструкцией копировального станка.*

Благодаря многократному отражению света при контактной печати увеличивается количество освещения, действующего на светочувствительный слой фотобумаги. Это как бы равнозначно некоторому уменьшению оптической плотности почернений негатива по сравнению с их величиной, измеренной в диффузном свете. Такая условная оптическая плотность называется *копировальной плотностью*, или *эффективной оптической плотностью почернений*. Она обозначается символом D_{φ}.

Следовательно, *эффективную оптическую плотность почернения можно определить как оптическую плотность, отвечающую ее практическому использованию*, например при контактной печати.

Между копировальной плотностью и оптической плотностью, измеренной в диффузном свете ($D_{\neq}$), существует следующая простая зависимость

$$D_{\varphi} = kD_{\neq}, \tag{59}$$

где k — коэффициент пропорциональности.

Его иногда называют *печатающим коэффициентом*. Он равен отношению копировальной оптической плотности к диффузной оптической плотности:

$$k = \frac{D_{\div}}{D_{\neq}} . \qquad (60)$$

Величина печатного коэффициента зависит от ряда причин. Среднее его значение принимается равным 0,8 при контактной печати на фотобумагу.

53. КОПИРОВАЛЬНЫЙ СТАНОК

Копировальный станок используют для получения *фотографических отпечатков с негативов в натуральную величину*.

Отечественная промышленность выпускает копировальные станки профессионального назначения размером 30×40 *см* следующих типов: КП-8; КС-2 и ПАСК-2— полуавтоматический станок производительностью до 5000 отпечатков за смену. Копировальные станки для фотолюбителей пока не изготовляются, поэтому ниже излагаются только основные требования, руководствуясь которыми можно изготовить самодельный копировальный станок. Схема такого станка приведена на рис. 103.

Равномерность освещенности негатива является основным требованием к конструкции копировального станка. Ее нельзя достигнуть, пользуясь одним источником света (рис. 104), так как в этом случае освещенность негатива будет наибольшей в точке T, которая является основанием перпендикуляра, опущенного из точки L_1, изображающей для упрощения расчетов точечный источник света. Освещенность (E) в точке T равняется

$$E = \frac{I}{r^2} , \qquad (61)$$

где I — сила света источника в международных свечах, r — расстояние от источника света до негатива (в *см*).

Из формулы 61 видно, что освещенность негатива изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния от него до источника света, т. е. при удалении электролампы на удвоенное расстояние по сравнению с первоначальным освещенность негатива уменьшается в 4 раза, на утроенное — в 9 раз и т. д.

Следовательно, в первом случае выдержка должна быть увеличена в 4 раза, а во втором — в 9 раз.

Освещенность в любой другой точке негатива, например в точке T_1, будет меньше, чем в точке T, так как ее освещенность зависит от косинуса угла падения лучей света. Предположим, что луч света, излучаемый источником, находящимся в точке L_1, падает на поверхность негатива в точке T_1 под углом α_1. В этом случае ее освещенность составит

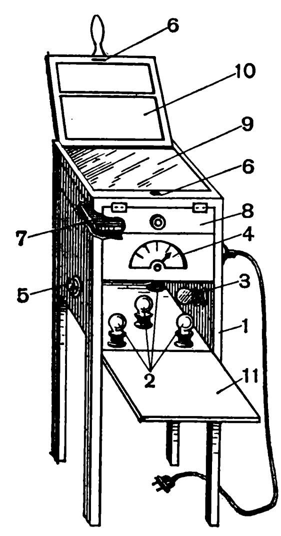


Рис. 103.

Схема копировального станка: *1* — корпус станка, *2* — электролампы белого света, *3* — электролампа неактиничного света, *4* — регулятор включения электроламп, *5* — кнопка ручного включения белого света, *6* — контакты включения белого света на время прижима фотобумаги к негативу, *7* — молочное или матовое стекло, *8* — крышка для доступа к поверхности матового стекла, *9* — зеркальное стекло, *10* — прижимная крышка, *11* — крышка, закрывающая бокс с электролампами

$$E = \frac{I}{r^2} \cdot \cos \alpha_1. \qquad (62)$$

Она будет меньше, чем в точке T.

Формула 62 показывает, что освещенность негатива при одном источнике света в копировальном станке уменьшается от его центра к краям.

Переместим источник света в положение L_2, отчего лучи света от него будут падать на точку T_2 негатива под углом α_2, который меньше угла α_1. В этом случае освещенность в точке T_2 по закону обратных квадратов будет меньше, чем в точке T_1 (при условии равенства $TT_1 = TT_2$), но равномерность освещенности негатива станет лучше, так как $\cos \alpha_2$ больше $\cos \alpha_1$.

Следовательно, чем дальше от источника света находится негатив, тем равномернее он будет освещен. Однако одновременно сильно уменьшится уровень освещенности негатива, что вызовет нерациональное удлинение выдержки при печати. Поэтому, чтобы при печати пользоваться нормальными выдержками, в копировальном станке с одним источником света допускается некоторая неравномерность освещенности негатива, обычно не превышающая 10%. Такая неравномерность освещенности негатива получается, когда источник света в копировальном станке для формата 9×12 *см* находится на расстоянии 16 *см* от негатива, а для формата 13×18 *см* — на 24 *см*.

Для негативов большого размера одного источника света в копировальном станке недостаточно. Обычно в ко-

пировальных станках для негативов 18×24 *см* и выше устанавливают пять электроламп, причем центральная должна быть более мощной, чем угловые. Электролампы крепятся неподвижно или в патронах, допускающих их перемещение по вертикали. Такое устройство позволяет, изменяя расстояние тех или иных ламп от негатива, добиваться равномерной освещенности светочувствительного слоя фотобумаги при печати негатива с неравномерной оптической плотностью и тем самым значительно улучшать позитивное изображение. Для этой цели в некоторых копировальных станках устанавливают большое количество электроламп малой мощности (например, по 2,5 *вт*), к каждой из которых подключен выключатель. У таких копировальных станков выравнивание оптических почернений негатива можно осуществлять с большей точностью, чем у копировальных станков первой конструкции.

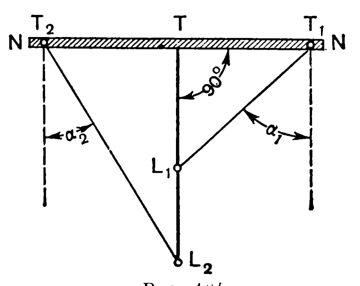


Рис. 104.
Зависимость равномерности освещенности негатива от расстояния источника света

Электролампы с колбой из прозрачного стекла имеют направленный световой поток, который дает недостаточно равномерную освещенность негатива. Поэтому в копировальные станки надо устанавливать электролампы с матированной колбой или, еще лучше, с колбой из молочного стекла. Такие электролампы дают диффузно-рассеянный свет, а потому более равномерно освещают негатив.

Чтобы возможно лучше выровнять освещенность в плоскости негатива, в копировальном станке устанавливают стекло, матированное с двух сторон, или молочное стекло. Его крепят на расстоянии 5—6 *см* от негатива.

Однако применение таких стекол, а также электроламп с матовыми или молочными баллонами ухудшает разрешение мелких деталей на позитивном изображении. Например, на фотоотпечатке резольвограммы, полученном в диффузном свете, разрешение линий примерно вдвое меньше, чем на отпечатке, полученном при направленном свете. Кроме того, при направленном излучении недостаточно полный контакт между фотобумагой и негативом не оказывает столь большого влияния на разрешение мелких деталей, как в случае печати в диффузном свете.

В этом бесспорное преимущество печати в направленном свете.

К сожалению, крупноформатный негатив нельзя равномерно осветить направленным светом в копировальном станке обычной конструкции. Этого можно достичь только с помощью сложной и громоздкой оптической системы.

Для печати же контактом копий с малоформатных негативов при микрофильмировании текстов целесообразно применять копировальные станки с оптическим осветительным устройством. Его примерная схема приведена на рис. 105.

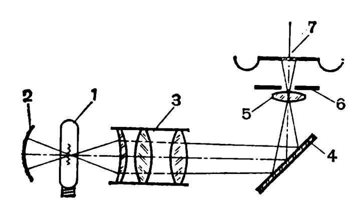


Рис. 105.
Схема осветительной системы в копировальном станке для освещения малоформатных негативов направленным светом: *1* — источник света, *2* — отражатель света, *3* — конденсор, *4* — отражающее зеркало, *5* — объектив, просцирующий световой поток в экспозиционное окно, *6* — диафрагма, ограничивающая световой поток, поступающий в кадровое окно *7*

Данная оптическая система освещает малоформатный негатив расходящимся пучком направленного света. В некоторых подобных устройствах такой пучок света заменен параллельным пучком направленного света. Установлено, что разрешение деталей при печати направленным параллельным пучком света по сравнению с печатью расходящимся направленным пучком света отличается крайне незначительно.

Надо заметить, что степень разрешения деталей играет существенную роль в технической фотографии; в художественной — ее значение меньше: изображение, хорошее с эстетической точки зрения, может иметь небольшое число мелких деталей.

Для исключения засветки фотобумаги перед печатью и для правильного, без перекосов ее укладывания на негатив в каждый копировальный станок устанавливается электролампа с колбой из светло-красного стекла, создающая неактиничное освещение.

Верхняя часть копировального станка состоит из рамки, в которую вставлено толстое зеркальное стекло. На него кладут негатив. Над стеклом к корпусу станка крепится на петлях прижимная крышка.

Ее назначение — плотно прижимать фотобумагу к негативу и тем обеспечивать полную резкость изображения на всей поверхности фотоотпечатка. Кроме того, чем лучше контакт между светочувствительным слоем фотобумаги и эмульсионным слоем негатива, тем меньше межповерх-

ностное отражение света, вызываемое неровностью микрорельефа этих слоев, что позволяет получать на позитиве большее разрешение деталей. Если фотобумага недостаточно плотно прижата к негативу, то на фотоотпечатке может возникнуть частичная нерезкость изображения в одном или в нескольких местах. Такая частичная нерезкость чаще всего образуется при печати с крупноформатных стеклянных негативов, потому что форматное стекло всегда имеет некоторую стрелу прогиба. На пленочных негативах при печати этот дефект возникает реже.

Для улучшения прижима на внутреннюю сторону рамки наклеивают фетр, толстое сукно, губчатую резину или на ней укрепляют резиновую подушку, надуваемую воздухом. Чтобы фотобумага не смещалась во время прижима ее к негативу, прижимную крышку с мягкой подклейкой делают двойной, а крышку с пневматической подушкой подвешивают под некоторым углом на шарнире к рычагу прижима.

Для экспонирования фотобумаги электролампы белого света включаются кнопкой, установленной на корпусе копировального станка, или его прижимной крышкой, в которую вмонтирован контакт. У неавтоматизированных станков продолжительность выдержки определяется по секундомеру или счетом времени. Автоматические копировальные станки снабжены реле времени, которым выдержка точно регулируется. Реле времени блокируется с электролампами белого света, и при нажатии прижимной крышки на контакты включения света автоматически экспонируют число секунд, установленных на циферблате.

54. ТЕХНИКА ПЕЧАТИ НА КОПИРОВАЛЬНОМ СТАНКЕ

Освещение фотолаборатории неактиничным светом при контактной печати такое же, что и при проекционной.

Перед печатью в первую очередь надо убедиться в том, что эмульсионный слой негатива совершенно сухой. Если он даже слегка влажный, то печатать нельзя, так как в этом случае светочувствительный слой фотобумаги приклеится к эмульсионному слою и негатив будет испорчен. Когда оперативность работы требует печати с мокрого негатива, пользуются приемом, описанным ниже.

Затем определяют, к какой градационной категории относится негатив, пользуясь указаниями, данными в § 14, и решают, можно ли негатив печатать сразу, или он

непригоден для этой цели, или же его необходимо предварительно подвергнуть какой-либо обработке.

Если негатив без дефектов, то перед печатью с него удаляют влажным тампоном пятна и подтеки, которые почти всегда имеются на стеклянной или целлулоидной его стороне. При этом надо следить, чтобы на эмульсионный слой негатива не попала вода или раствор для чистки, так как желатина очень гигроскопична. Эмульсионный слой негатива даже при небольшом увлажнении становится очень липким, и к нему легко приклеится фотобумага при печати. В этом случае негатив будет испорчен.

После подготовки негатива к печати выбирают необходимый сорт и номер контрастности фотобумаги, руководствуясь указаниями, данными в § 34. Затем на зеркальное стекло копировального станка кладут негатив эмульсионным слоем вверх и включают неактиничное освещение, что позволит правильно, без перекосов уложить на него лист фотобумаги. Если положить негатив подложкой вверх, а эмульсионным слоем вниз, то изображение на фотоотпечатке получится нерезким по всему полю.

Фотобумагу на негатив кладут светочувствительным слоем вниз. Затем осторожно опускают прижимную крышку копировального станка. При этом надо следить, чтобы фотобумага не сдвинулась с негатива. Когда она будет плотно прижата к негативу, автоматически включается белый свет и ее экспонируют нужное количество секунд. Если фотобумагу положить на негатив подложкой, т. е. светочувствительным слоем вверх, то при небольшой выдержке изображение на фотоотпечатке не получится. Длительная же выдержка даст слабый и нерезкий позитив.

Производя печать, надо следить за чистотой рук, так как грязные и потные пальцы дают на фотоотпечатке почти неустранимые пятна.

Выдержку при печати определяют, руководствуясь указаниями, данными в § 32, или путем проб.

Для этой цели экономнее пользоваться не целыми листами фотобумаги, а полосками шириной 3—4 *см*. Полоску на негатив кладут так, чтобы она легла на прозрачные и плотные его части, т. е. используют в качестве критерия для определения выдержки общую (интегральную) оптическую плотность негатива. Начинают с минимальной выдержки, величина которой зависит от оптической плотности негатива. Например, когда негатив прозрачный, а фотобумага бромосеребряная, то экспонируют с 1 *сек*. Если негатив среднеплотный, — с 2—

3 *сек*, а очень плотный — с 4—5 *сек*. Выдержку второй и последующих пробных полосок фотобумаги увеличивают каждый раз вдвое. Чтобы во время проявления не перепутать полоски, на подложке фотобумаги отмечают продолжительность экспонирования. Надписи надо делать черным мягким карандашом. Химическим пользоваться нельзя, так как он окрасит изображение.

При печати на хлоробромосеребряной или хлоросеребряной фотобумаге начальная выдержка должна быть больше, чем для бромосеребряной фотобумаги.

Экспонированные полоски на бромосеребряной фотобумаге проявляют в проявителе № 1 две минуты, а на остальных сортах фотобумаг — одну минуту.

Чтобы избежать недоэкспонирования при печати, напоминаем, что при неактиничном освещении фотолаборатории проявленное позитивное изображение выглядит более плотным, чем при дневном или электрическом освещении.

Правильно экспонированной считается та полоска фотобумаги, на изображении которой воспроизведено максимальное число деталей в света́х и тенях, имеющихся на негативе. Выдержка мала, если плотность изображения небольшая и в света́х нет деталей. Выдержка велика, если изображение очень плотное, а его света́ и тени незначительно отличаются друг от друга.

О правильности выдержки можно также судить и по скорости образования изображения: при недодержке оно начинает появляться через несколько минут после погружения пробы в проявитель и его плотность растет медленно; когда допущена передержка — изображение появляется через несколько секунд и обычно становится очень плотным, завуалированным; в случае нормальной выдержки формирование изображения на бромосеребряных фотобумагах заканчивается через 2 *мин*, а хлоробромосеребряных и хлоросеребряных — через 1—1,5 *мин*.

Если при разных выдержках нельзя получить пробу с хорошим изображением, то это означает, что используемый номер фотобумаги по контрастности не подходит к интервалу плотностей негатива. В этом случае делают пробу на другом номере фотобумаги, руководствуясь указаниями § 34. По установленной выдержке печатают полный кадр. Отсчет выдержки такой же, как и при проекционной печати (см. стр. 221).

Печать с мокрого негатива. Если требуется срочно получить фотоотпечаток, то, окончив промывку негатива,

снимают с его эмульсионного слоя фильтровальной бумагой излишек воды. Это делают для того, чтобы на снимке не было пятен от капель воды. Затем на негатив кладут лист фотобумаги, предварительно размоченный в чистой воде около 1 *мин*. Излишек воды с фотобумаги также снимают фильтровальной бумагой. После чего экспонируют, соблюдая те же приемы, что и при печати с сухого негатива.

Экспонированную фотобумагу вместе с негативом помещают в кювету с чистой водой и там отделяют фотобумагу от негатива. Затем фотобумагу проявляют обычным способом. Негатив используют непосредственно для получения второго снимка или ставят его в станок для сушки.

Предупреждаем, что если надобность в срочной печати возникает, когда негатив поставлен на сушку и во время ее частично подсох, то этим приемом пользоваться нельзя по причине, уже известной читателю. Также нельзя частично высохший негатив размачивать в воде, так как в этом случае будет резко видна граница раздела между высохшими и невысохшими участками негатива. Она неустранима никакими способами исправления.

Кратко рассмотрена химия проявления и закрепления фотобумаг. Описаны свойства различных типов проявляющих и закрепляющих растворов, приведены их рецепты, используемые в позитивном процессе. Изложена сущность промывки и сушки фотоотпечатков. Даны практические указания, которыми следует руководствоваться при проявлении, закреплении, промывке и сушке позитивов.

9. ОБРАБОТКА ФОТОГРАФИЧЕСКИХ БУМАГ

55. ХИМИЯ ПРОЯВЛЕНИЯ

Химия проявления фотобумаг в принципе ничем не отличается от проявления негативных фотоматериалов. Проявители для фотобумаг также состоят из веществ: проявляющего, сохраняющего, ускоряющего и противовуалирующего.

В позитивных проявителях для фотобумаг наиболее часто употребляются следующие вещества:

проявляющие — *гидрохинон*, *фенидон*, *метол*, *парааминофенол*, *амидол* и *этилоксиэтилпарафенилендиаминсульфат*, используемый исключительно в растворах для проявления самовирирующихся бромосеребряных фотобумаг;

сохраняющее — *сульфит натрия*;

ускоряющие — *углекислый натрий* (сода), *углекислый калий* (поташ);

противовуалирующие — *бромистый калий*, реже *йодистый калий* и *бензотриазол*. Соотношение этих веществ

в позитивных проявителях подбирается таким, чтобы при относительно быстром проявлении фотобумаги они давали бы приятный для глаз тон (цвет) изображения на фотоотпечатке.

Рассмотрим, какую роль в процессе проявления играют вещества, входящие в проявитель для фотобумаг.

Сущность процесса проявления состоит в восстановлении галогенида серебра в металлическое. Поскольку реакции восстановления у всех галогенидов серебра идентичны, то в дальнейшем будут рассматриваться только реакции между бромистым серебром и проявляющим веществом.

Восстановление металлического серебра происходит на поверхности микрокристаллов светочувствительного слоя в результате непосредственного взаимодействия бромистого серебра с проявляющим веществом. При наличии в проявителе растворителя бромистого серебра, например сульфита натрия, серебро восстанавливается и из раствора.

В основе проявления лежит реакция между ионами бромистого серебра и проявляющего вещества. Напомним, что бромистое серебро (AgBr) имеет кристаллическое строение и что на гранях его кристаллической кубической решетки расположены друг против друга ионы серебра, имеющие положительный заряд (Ag^+), и ионы брома с отрицательным зарядом (Br^-). Молекулы же проявляющего вещества (Red) при растворении в воде диссоциируют в щелочной среде на ионы проявляющего вещества и водорода. При этом ион проявляющего вещества, приобретая от водорода электрон (e), становится отрицательно заряженным: $\text{Red} \rightleftarrows [(\text{Red} + e)^- + H^+]$.

Восстановление иона серебра в атом серебра (Ag) происходит за счет потери электрона ионом проявляющего вещества $(\text{Red} + e)^-$, который, теряя его, окисляется в соединение, не обладающее проявляющей способностью, отчего проявитель во время использования постепенно истощается. Ион водорода (H^+), образовавшийся в результате диссоциации проявляющего вещества, взаимодействуя с ионом брома (Br^-), расположенным в кристаллической решетке бромистого серебра, дает бромистоводородную кислоту (HBr). В результате чего около кристалла бромистого серебра создается кислая реакция раствора и процесс восстановления прекращается или очень замедляется. Но благодаря наличию в проявителе щелочи бромистоводородная кислота немедленно ею нейтрализуется, отчего процесс проявления протекает непрерывно.

Продуктом нейтрализации являются бромиды: в проявителе с углекислым натрием (содой) — бромистый натрий, а с углекислым калием (поташом) — бромистый калий.

Роль щелочи не ограничивается только нейтрализацией бромистоводородной кислоты. Ее значение при проявлении более широкое.

Во-первых, щелочь создает определенную концентрацию гидроксильных и водородных ионов, определяемую величиной водородного показателя, обозначаемого символом pH. Величиной водородного показателя характеризуют реакцию раствора, а именно:

pH = 1 2 3 4 5 6 | 7 | 8 9 10 11 12 13

← увеличение кислотности раствора | нейтральная реакция раствора | увеличение щелочности раствора →

Для каждого проявляющего вещества существует некоторая величина pH, начиная от которой проявляющее вещество способно проявлять. Так, для амидола величина pH значительно меньше 7, т. е. амидол может проявлять в кислой среде, метол начинает проявлять при pH около 7, т. е. почти в нейтральной среде, а гидрохинон — только с pH=9, т. е. в щелочной среде, и т. д.

Во-вторых, чем больше величина pH раствора, тем выше концентрации ионов проявляющего вещества, а следовательно, тем быстрее происходит восстановление галогенидов серебра, что обеспечивает получение за короткое время проявления максимального почернения фотобумаги. Поэтому в позитивные проявители щелочь вводится в количестве, обеспечивающем большую величину pH раствора, например проявитель № 1 (табл. 4) имеет pH=10,4. Примерно такую же величину водородного показателя имеют позитивные проявители другого состава, используемые для массовой обработки фотоотпечатков.

В-третьих, в позитивные проявители обычно вводится углекислая щелочь (сода или поташ), обеспечивающая хорошую кислотно-основную буферную емкость. Напомним, что такая буферная емкость проявителя определяет количество бромистоводородной кислоты, которое может быть нейтрализовано щелочью без снижения pH раствора. Проявитель с высокой кислотно-основной буферной емкостью отличается постоянством скорости проявления, т. е. стабильностью работы, которая является одним из основных требований к позитивному проявителю для фотобумаг.

У проявителя с небольшой кислотно-основной буферной емкостью скорость проявления после обработки нескольких фотоотпечатков быстро падает, т. е. действие таких проявителей нестабильно. Малую кислотно-основную буферную емкость имеют позитивные проявители с едкой щелочью, поэтому они редко используются в проявителях для фотобумаг.

Щелочь, дающая низкое значение pH, например бура, в проявителях для фотобумаг не применяется из-за медленного проявления.

Концентрация щелочи в позитивном проявителе влияет на цвет фотоотпечатка, а именно: а) относительно большое количество щелочи в растворе в сочетании с небольшим количеством бромида способствует получению на бромосеребряных фотобумагах черного или почти черного цвета (тона) и б) небольшое количество щелочи в сочетании с относительно большим количеством бромида дает на хлоробромосеребряных и хлоросеребряных фотобумагах теплые тона.

Если щелочь ввести непосредственно в проявитель, то раствор моментально окрасится из-за быстрого окисления проявляющего вещества в соединения, не обладающие проявляющей способностью. Для предотвращения этой реакции перед растворением проявляющего вещества предварительно растворяют сульфит натрия. Его сохраняющая роль заключается в том, что он отнимает кислород от окислившихся молекул проявляющего вещества. При этом он переходит в сульфат натрия, не участвующий в проявлении, т. е. до начала проявления некоторая незначительная часть сульфита натрия расходуется на эту реакцию.

Однако этим роль сульфита натрия при проявлении не ограничивается.

Во-первых, сульфит натрия является растворителем галогенида серебра и тем самым обеспечивает восстановление проявляющим веществом серебра из раствора. Его раствор имеет щелочную реакцию (pH=9).

Во-вторых, сульфит натрия в начальной стадии процесса проявления образует с первичными продуктами окисления проявляющего вещества (с *хиноном* — у гидрохиноновых проявителей, с *хинонилином* — у метоловых, с *дииминoм* — у парааминофеноловых и т. д.) соединения, обладающие хорошей проявляющей способностью. При дальнейшем использовании проявителя эти соединения вновь реагируют с сульфитом натрия, давая новые ве-

щества, уже не восстанавливающие бромистое серебро, а тормозящие процесс проявления.

В-третьих, он уменьшает дубление желатины светочувствительного слоя фотобумаги, которое производят продукты окисления проявляющих веществ.

Далее сульфит натрия предохраняет проявитель от окисления кислородом воздуха при хранении. Позитивные проявители с углекислой щелочью и нормальным количеством сульфита натрия (50—75 *г* на 1 *л*) в неполно налитых склянках сохраняются около месяца, а с едкой щелочью — в 6 раз меньше.

Наконец, при дальнейшем использовании проявителя, когда в нем остается немного сульфита натрия, из продуктов окисления проявляющих веществ образуются гуминовые кислоты, окрашивающие раствор в бурый цвет.

Выше было указано, что при нейтрализации бромистоводородной кислоты образуются бромиды. Кроме того, в составе почти любого позитивного проявителя имеется бромистый калий (бромистый натрий в фотографической практике не применяется из-за большой гигроскопичности, отчего он при хранении расплывается). Его вводят тем больше, чем выше щелочность проявителя и чем выше вуалирующая способность используемого проявляющего вещества. Средняя концентрация бромистого калия в литре позитивного проявителя составляет: нормального состава — 1 *г*, тонирующего — 2 *г* и специального назначения — 10 *г*.

Роль бромида в процессе проявления двоякая и зависит от его концентрации в растворе. При небольшой концентрации бромид тормозит во время проявления образование вуали на фотобумаге, особенно на хлоробромосеребряной и хлоросеребряной, вуалеустойчивость которых небольшая. Значительная концентрация бромидов в проявителе, наступающая после проявления большого числа листов фотобумаги, тормозит не только образование вуали, но и рост почернений изображения. В этом случае для получения на фотоотпечатке максимального почернения приходится удлинять продолжительность проявления. Следовательно, большая концентрация бромида снижает светочувствительность фотобумаги. Попутно с этим ухудшается проработка деталей в тенях изображения и изменяется его цвет, который становится зеленовато-серым. Таким образом, при большой концентрации роль бромида в процессе проявления становится отрицательной.

С химической стороны тормозящее действие бромидов еще недостаточно выяснено. Предполагается, что они образуют защитный слой на микрокристаллах галогенида серебра, препятствуя доступу к ним ионов проявляющего вещества. Непосредственно в восстановлении иона серебра бромиды не участвуют.

Образование продуктов окисления проявляющего вещества, бромидов, уменьшение концентрации проявляющего вещества, сульфита натрия и щелочи при проявлении являются причинами *истощения проявителя*.

В таком проявителе снижается светочувствительность фотобумаги, увеличивается индукционный период, т. е. время, прошедшее между погружением в проявитель экспонированной фотобумаги и появлением на ней первых следов изображения. Затем удлиняется продолжительность проявления (следствие уменьшения светочувствительности фотобумаги), необходимая для получения максимального почернения, ухудшается цвет и проработка деталей в тенях изображения.

Предел использования позитивного проявителя, после которого начинается его истощение, определяется числом квадратных сантиметров проявлений фотобумаги. Превышать его категорически не рекомендуется.

Освежающий раствор в позитивные проявители не вводят, как это имеет место в негативных проявителях. Это вызывается тем, что, несмотря на увеличение скорости проявления до нормальной величины, изображение на фотоотпечатке при повышенном содержании в растворе бромидов все же получается некрасивого цвета.

Для цветного проявления самовирирующихся фотобумаг применяется специальный проявитель (см. стр. 297). В его состав входит в качестве проявляющего вещества этилоксиэтилпарафенилендиаминсульфат, сохраняющего — сульфит натрия и солянокислый гидроксиламин, ускоряющего — углекислый калий и противовуалирующего — бромистый калий.

Процесс цветного проявления схематически заключается в следующем. Проявляющий раствор, диффундируя в светочувствительный слой фотобумаги, начинает восстанавливать экспонированное бромистое серебро до металлического. В принципе этот процесс ничем не отличается от процессов, протекающих при проявлении черно-белых фотобумаг. Здесь также имеет место окисление проявляющего вещества и образование бромистоводородной кислоты, которая нейтрализуется щелочью. Отличие цвет-

ного проявления от черно-белого заключается в том, что продукты окисления проявляющего вещества, играющие при черно-белом проявлении отрицательную роль, в цветном проявлении образуют красители за счет реакции с цветной компонентой, которая вводится в светочувствительный слой фотобумаги при ее изготовлении. Компонента — вещество бесцветное, и «цветной» она названа из-за образуемого ею красителя во время проявления. Полученный краситель адсорбируется (осаждается) на зернах проявленного серебра, окрашивая их в тот или иной цвет, в зависимости от природы цветной компоненты, введенной в светочувствительный слой самовирирующейся фотобумаги.

У отечественных самовирирующихся фотобумаг для получения цветов: сепия, синего и зеленого — используются различные комбинации желтой, пурпурной и голубой компонент.

Обычно в цветном проявителе используется углекислый калий. Его можно заменить безводным углекислым натрием из расчета 1 : 1,25. Использование едкой щелочинедопустимо, так как она вызывает значительный рост вуали.

В цветной проявитель, как уже указывалось, вводят два сохраняющих вещества — сульфит натрия и солянокислый гидроксиламин. Пользоваться для этой цели одним сульфитом натрия нельзя, так как при большой его концентрации в растворе продукты окисления проявляющего вещества расходуются уже не на образование красителя, а на взаимодействие с сульфитом натрия, в результате чего образуется вещество, не участвующее в проявлении. Это вызывает уменьшение выхода красителя. Если в растворе сульфита натрия немного, то такая реакция не происходит, но в этом случае он уже не обеспечивает хорошую сохраняемость проявителя.

Поэтому в цветной проявитель вводят еще гидроксиламин, который оказывает действие, подобное сульфиту натрия. Но гидроксиламин также является неполноценным сохраняющим веществом, так как он попутно восстанавливает бромистое серебро в металлическое без образования красителя. Однако гидроксиламин уменьшает выход красителя в значительно меньшей степени; чем сульфит натрия.

Бромистый калий вводят в цветной проявитель в минимальном количестве, так как он также снижает выход красителя. При его отсутствии возникает сильная вуаль.

56. СВОЙСТВА ПРОЯВИТЕЛЕЙ ДЛЯ ФОТОБУМАГ И МЕТОДЫ ПРОЯВЛЕНИЯ

Характеристика проявляющих веществ. Характер действия проявителя во многом зависит от вида проявляющего вещества, входящего в его состав. Поэтому дадим самую краткую характеристику проявляющих веществ, часто используемых в позитивных проявителях.

Гидрохинон, парадиоксибензол, $n - C_6H_4(OH)_2$, имеет вид бесцветных или слегка сероватых кристаллов. В продажу гидрохинон выпускается двух сортов: высшего и первого. Они очень мало отличаются друг от друга по содержанию примесей, а потому для обычных фотографических работ равнозначны.

В позитивных проявителях с гидрохиноном обычно используется углекислая щелочь. В этом случае гидрохинон проявляет медленно, его индукционный период относительно велик, но после образования первых следов почернений оптическая плотность изображения быстро возрастает. Гидрохиноновые проявители применяются, если требуется получить изображение очень большой оптической плотности и контраста, например для проявления штриховых рисунков.

Гидрохиноновые проявители чувствительны к изменению температуры раствора. С ее понижением активность проявителя быстро уменьшается и почти прекращается ниже 10°. При температуре же выше 20° появляется склонность к вуалированию фотобумаги.

Гидрохинон, как правило, применяется в сочетании с метолом.

Метол, или сернокислый метилпарааминофенол, $2[n - C_6H_4(OH)\ (NHCH_3)] .\ H_2SO_4$, представляет собой белый, или слегка желтоватый, или сероватый мелкокристаллический порошок. В продажу выпускается двух сортов: высшего и первого.

Метоловые проявители работают быстро и энергично, но оптическая плотность и контраст изображения при проявлении растут медленно. Индукционный период у таких проявителей мал, отчего первые следы почернения становятся видны через короткое время после начала проявления.

Метол в сочетании с гидрохиноном образует проявители, укоторыхэнергия и проработка деталей соответствуют метолу, а оптические плотности и контраст — действию гидрохинона. Такие проявители благодаря их хорошим

свойствам наиболее распространены в фотографической практике.

В позитивных проявителях метол применяется почти исключительно с углекислыми щелочами. Свойста метоловых проявителей мало изменяются с понижением или повышением температуры в пределах 15—20°.

Парааминофенол, сернокислый парааминофенол, $2[n - C_6H_4(OH)(NH_2)] \cdot H_2SO_4$, представляет собой бесцветные или слегка сероватые кристаллы. В продажу выпускается одного сорта.

Парааминофенол в позитивных проявителях обычно используется с углекислыми щелочами. В сочетании с ними дает быстрые мягкоработающие проявители, не склонные вызывать вуаль даже при температуре выше 20°. Недостаток парааминофеноловых проявителей — быстрая истощаемость.

Амидол, 1,2,4-диаминофенол хлоргидрат, $C_6H_3(OH)(NH_2)_2 \cdot 2HCl$, представляет собой игольчатые серые кристаллы, довольно быстро темнеющие на воздухе вследствие оксиления кислородом воздуха. Поэтому амидол нужно хранить в банке с притертой пробкой или с пробкой, залитой парафином. Выпускается одного сорта.

Амидоловые проявители очень энергичны и могут восстанавливать галогениды серебра без щелочи, в присутствии в растворе только одного сульфита натрия. Эти проявители дают на фотобумагах холодно-черные, реже сине-черные тона. Их недостаток — быстрое окисление, поэтому сохраняемость таких проявителей мала, что вызывает некоторое неудобство при работе с ними.

Фенидон, 1-фенил-3-пиразолидон,

$$
\begin{array}{lcl}
O = C & — & CH_2 \\
\;\;\;\;\;| & & | \\
HN & & CH_2 \\
 & \diagdown \;\; \diagup & \\
 & N - C_6H_5 &
\end{array}
$$

представляет собой белые мелкие кристаллы, средне растворимые в горячей воде, плохо — в холодной и хорошо — в щелочном растворе.

Фенидон обладает плохими проявляющими свойствами, но в сочетании с гидрохиноном он дает отличные проявители, по свойствам аналогичные метолгидрохиноновым. Фенидон не оказывает токсического действия на кожу рук.

Этилоксиэтилпарафенилендиаминсульфат,

$$\begin{matrix} C_2H_5 \\ C_2H_4OH \end{matrix}\Big\rangle N-(CH)_4(NH_2)\cdot H_2SO_4,$$

представляет собой мелкие белые или серые кристаллы. Его надо хранить в банке с притертой пробкой, так как препарат во влажном воздухе быстро окисляется. Выпускается одного сорта. Применяется для проявления самовирирующихся фотобумаг.

Характеристика проявителей. Основное требование к проявителям для фотобумаг — это быстрота проявления, в результате чего устойчивая форма кривой почернений фотобумаги образуется за короткое время.

Следующее, не менее важное требование к проявителю — это получение фотоотпечатка приятного цвета (тона). Таким цветом считается чисто черный, синевато-черный, черный с глубоким коричневым оттенком и коричнево-красный. Удовлетворительными с эстетической точки зрения тонами изображения будут серый и светло-серый, плохими — серо-зеленый и серо-рыжий.

Цвет изображения на фотоотпечатке зависит в основном от размера проявленных зерен металлического серебра. На их размер в первую очередь влияет величина микрокристаллов светочувствительного слоя фотобумаги, во вторую — величина выдержки при печати, состав проявителя и условия проявления.

При нормальном проявлении бромосеребряных фотобумаг изображение имеет черный или темно-серый цвет. В длительно используемом проявителе и, следовательно, с большим количеством бромидов изображение становится светло-серым, а в истощенном проявителе с очень большой концентрацией бромидов — серовато-зеленым. На фотоотпечатках, полученных на высокочувствительных фотобумагах с относительно крупными микрокристаллами светочувствительного слоя, эти тона приобретают холодный оттенок, а на малочувствительных фотобумагах с относительно мелкими микрокристаллами — теплый оттенок.

На тон изображения фотоотпечатка, как уже указывалось, влияет соотношение в проявителе концентрации щелочи, бромидов и сульфита натрия. Также сильно влияет и разбавление проявителя водой. Это придает более теплый оттенок черному и черно-серому тону фотоотпечатков, полученных на бромосеребряных фотобумагах. Разбавле-

ние водой, особенно значительное, очень благоприятно сказывается на цвете изображения фотоотпечатков, полученных на хлоробромосеребряных фотобумагах (см. рецепт на стр. 296).

Разбавление проявителя водой требует увеличения выдержки при печати фотобумаги. При небольшом разведении (в $2-2^1/_2$ раза) она пропорциональна ему, при большем — не пропорциональна.

Тонировать во время проявления бромосеребряные фотобумаги значительно труднее, чем хлоробромосеребряные, из-за нестабильности процесса окрашивания изображения.

Другим фактором, вызывающим окрашивание изображения, является адсорбция зернами серебра окрашенных продуктов окисления проявляющего вещества, особенно интенсивно происходящая при длительном проявлении в разбавленных проявителях.

Наконец, на тон изображения влияет отражение света от мельчайших граней зерен серебра при его прохождении через почернения проявленной фотобумаги. Претерпевая многократные отражения, свет становится все более желтым. Смешиваясь со светом, отраженным зернами серебра, расположенными в самом верхнем слое проявленного эмульсионного слоя, он и придает изображению коричневый оттенок.

Температура проявителя влияет на качество изображения позитива: с ее понижением проявление идет медленнее, причем увеличивается опасность пожелтения отпечатка. С повышением температуры раствор проявляет быстрее, но в этом случае увеличивается опасность образования серой вуали. Нормальная температура позитивных проявителей 18—20°.

Контраст изображения зависит в основном от контрастности фотобумаги и в очень узком пределе дополнительно от продолжительности проявления: чем дольше оно производится, тем выше контраст фотоотпечатка (предел продолжительности — начало вуалеобразования). По степени действия проявители делятся на *мягко-*, *нормально-* и *контрастноработающие*. Однако, проявляя достаточно долго в каждом из этих проявителей какой-либо сюжет, напечатанный с одного негатива на одном сорте фотобумаги, можно получить на всех фотоотпечатках изображение с одинаковым контрастом.

Разница между этими тремя типами проявителей заключается только в том, что у контрастноработающего

проявителя максимальная оптическая плотность почернения и максимальный коэффициент контрастности образуются за короткое время проявления, обычно соответствующее времени, указанному в рецепте. У нормальноработающего раствора — за время, незначительно отличающееся от указанного в рецепте. А в мягкоработающем проявителе на это требуется большее время, чем указано в рецепте. Следовательно, такие проявители дают малоконтрастное изображение только потому, что в них процесс проявления обычно не доводят до конца.

Использование концентрированного проявителя дает контрастное изображение со значительной зернистостью. Проявление в них, особенно хлоробромосеребряных и хлоросеребряных фотобумаг происходит очень быстро, что затрудняет определение конца проявления и часто приводит к перепроявлению фотоотпечатка.



Рис. 106.
Фотоотпечаток правильно проявленный

Влияние на позитивное изображение продолжительности проявления. Время проявления влияет на качество позитивного изображения не в меньшей степени, чем выдержка при печати. Поэтому всегда нужно точно выдерживать указания, данные в рецепте. В этом случае проявление фотобумаги, правильно подобранной к негативу и нормально экспонированной, даст сочное изображение с

максимальным числом тонов и хорошей проработкой деталей в светáх и тенях (рис. 106).

В случае сильного перепроявления, особенно если при печати допущена незначительная передержка, изображение на фотоотпечатке будет состоять из шкалы с небольшим числом черно-серых тонов и иметь плохую проработку деталей, особенно в тенях (рис. 107). Незначительное перепроявление при оптимальной выдержке на вуалеустойчивой фотобумаге только несколько увеличит плотность и его контраст.

Недопроявление же нормально экспонированной и правильно подобранной к негативу фотобумаги даст малоплотное изображение, состоящее из шкалы с небольшим числом серо-белых тонов. У него будут плохо проработаны детали в светáх и посредственно — в тенях (рис. 108). Чем значительнее недопроявление, тем ниже качество

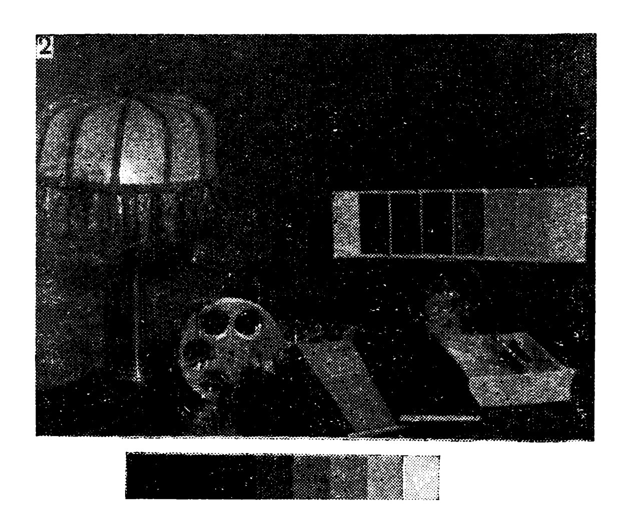


Рис. 107.
Фотоотпечаток перепроявленный

позитивного изображения. Перепроявление или недопроявление еще более ухудшает изображение позитива, если, печатая, неправильно подбирают к негативу фотобумагу.

Способы проявления. Существует два способа проявления фотобумаг: однорастворный и двухрастворный.

На практике наиболее распространен однорастворный способ проявления фотобумаг, заключающийся в том, что

состав проявителя не меняется за время проявления. В этом случае, в зависимости от поставленной задачи, фотобумагу проявляют в нормально-, контрастно- или мягкоработающем проявителе.

Двухрастворный, или двухкюветный, способ проявления заключается в последовательном использовании для обработки фотобумаги двух проявителей, характер действия которых различен. Задача такого проявления — получение на позитивном изображении максимального числа деталей в тенях и светáх, т. е. гармонизация изображения на фотоотпечатке.

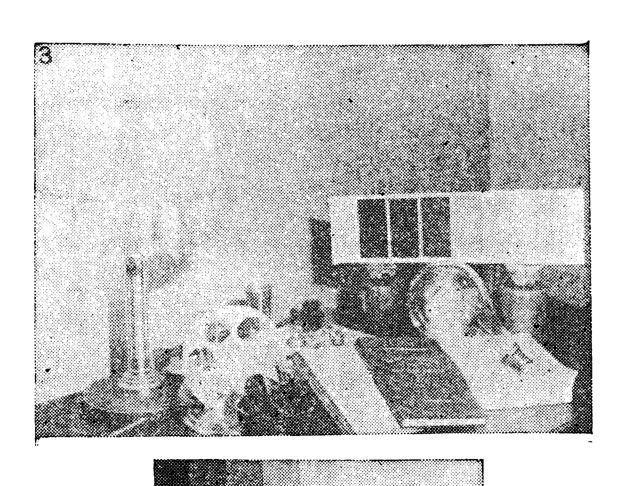


Рис. 108.
Фотоотпечаток недопроявленный

Для этой цели используются следующие комбинации проявителей, налитых в две кюветы:

а) нормальноработающий + мягкоработающий,

б) контрастноработающий + мягкоработающий.

Выбор комбинаций проявителей зависит от величины интервала оптических плотностей почернений негатива, т.е. от его контраста. Фотобумагу, экспонированную под негативом с высоким контрастом, проявляют, используя комбинацию *а*, а экспонированную под малоконтрастным негативом — комбинацию *б*. Такое проявление обеспечивает хорошую проработку деталей в тенях и светáх изображения, недостижимую при однорастворном проявлении.

Начинать проявление надо в контрастно- или нормаль-

коработающем проявителе, а заканчивать его в мягкоработающем. Продолжительность проявления в первом проявителе должна быть такой, чтобы почернения теней стали бы сильными, но не «забитыми». После чего фотобумагу переносят в мягкоработающий проявитель, в котором полностью проявятся света и доработаются тени изображения.

Чтобы характер работы второго проявителя не изменялся из-за заноса в него первого проявителя, фотобумагу после окончания первого проявления споласкивают в воде. Делать это надо быстро, чтобы не удлинять время действия первого проявителя, насыщающего светочувствительный слой фотобумаги.

К этому способу проявления относится также допроявление фотобумаги в воде за счет проявителя, насыщающего ее светочувствительный слой. Фотобумагу переносят в воду незадолго до окончания проявления, т. е. когда изображение на отпечатке почти достигло полной силы. В этом случае проявление в тенях изображения из-за истощения проявителя прекращается скорее, чем в светáх, в которых его расходуется меньше. В результате чего фотоотпечаток становится более гармоничным, т. е. с большим числом тонов без резких переходов от света к тени.

Этим же способом можно получать фотоотпечатки *светлой тональности*. Такое изображение характеризуется малой оптической плотностью и однотонностью: полутона на нем слабо отличаются друг от друга, глубокие тени и яркие светá отсутствуют, т. е. для построения изображения используется небольшая часть полезного интервала оптических плотностей фотобумаги.

В светлой тональности чаще выполняют портреты женщин и детей в белой одежде на светлом фоне.

Обязательным условием при этом является мягкое освещение портретируемого, исключающее глубокие тени, и нормальная выдержка при съемке. Негативы проявляют до небольшого значения коэффициента контрастности и средней оптической плотности.

Для печати пользуются фотобумагой на белой подложке нормальной контрастности. Выдержка — нормальная. Проявление в мягкоработающем проявителе (см. стр. 295)—до появления первых следов изображения. Затем фотоотпечаток переносят для допроявления в чистую воду с температурой 18—20°. В воде проявление протекает за счет проявителя, насыщающего светочувствительный

слой фотобумаги. Если во время допроявления изображение недостаточно проработается, то фотоотпечаток вновь погружают на несколько секунд в проявитель, а затем опять переносят в воду. Эту операцию повторяют до тех пор, пока изображение не достигнет желаемой плотности.

Снимки светлой тональности, имеющие вид рисунка карандашом, дает обработка фотобумаги в *глициновом проявителе* (см. стр. 294) при соблюдении вышеуказанных условий экспонирования и проявления. Предупреждаем, что для получения такой тональности необходимо пробами подобрать правильное соотношение величины выдержки при печати и разбавления проявителя водой.

Фотографию светлой тональности можно получить и однорастворным проявлением. Для этой цели проявление ведут при температуре раствора 23—25° в *метолгидрохиноновом проявителе* (см. стр. 292), разбавленном водой в 5—10 раз. Необходимую выдержку при печати определяют пробами.

Фотоснимок светлой тональности обычно выигрывает, когда некоторые небольшие детали объекта бывают несколько темнее общей плотности изображения. В портрете это глаза и брови. Их усиливают местным допроявлением после завершения проявления в целом. Перед тем как приступить к нему, фотоотпечаток промывают 2—3 *мин* в воде. После чего фильтровальной бумагой удаляют избыток воды и кисточкой, слегка увлажненной проявителем, осторожно проявляют брови и глаза до требуемой плотности и немедленно погружают фотоотпечаток в стоп-раствор, а затем в кислый закрепитель. Далее фотоотпечаток окончательно промывают и сушат.

Снимок светлой тональности можно улучшить обработкой готового, но еще мокрого отпечатка в ослабителе с красной кровяной солью (см. стр. 94), разбавленного водой в 3—5 раз. Степень ослабления изображения определяется визуально, после чего отпечаток промывается в воде и высушивается.

Этим раствором кисточкой или ватным тампоном можно высветлить фон или отдельные места на снимке.

Правила проявления. Практика проявления фотобумаг выработала ряд следующих правил.

1. Погружая фотобумагу в проявитель, надо следить, чтобы он покрыл ее быстро и равномерно — иначе на фотоотпечатке будут пятна и полосы.

2. Необходимо следить, чтобы во время погружения фотобумаги в проявитель на ее светочувствительном слое

не образовались воздушные пузырьки. Их немедленно удаляют пальцем или мягкой кисточкой — иначе на изображении появятся белые пятнышки или точки.

3. Чтобы фотобумага, погруженная в проявитель, не скручивалась, ее следует придерживать кончиками пальцев или пинцетом до того момента, пока подложка, пропитавшись раствором, перестанет коробиться.

4. Во время проявления надо ритмично, но не быстро, покачивать кювету или пинцетом передвигать в проявителе фотобумагу. Это обеспечивает равномерность его действия. Покачивать кювету особенно важно, когда проявитель содержит много бромистого калия.

5. Нельзя часто вынимать фотобумагу из раствора для определения конца проявления, так как от этого в светах изображения под действием кислорода воздуха образуется небольшое почернение, так называемая *воздушная вуаль*. Только перед концом проявления фотобумагу можно вынуть из проявителя и рассмотреть вблизи фонаря. *При неактиничном освещении фотоотпечаток кажется значительно темнее, чем он есть на самом деле.* Определяя конец проявления, это необходимо учитывать.

6. Когда проявляют фотобумагу больших размеров, то для устранения неравномерного проявления ее необходимо предварительно размочить в чистой воде и лишь после этого погружать в проявляющий раствор, предварительно дав воде стечь с поверхности.

7. Для получения нескольких позитивов одинаковой плотности рекомендуется следующий прием. Фотоотпечаток, принятый за образец, погружают в останавливающий стоп-раствор (см. стр. 303) и, не закрепляя, кладут рядом с кюветой. Во время проявления качество каждого последующего фотоотпечатка сравнивают с этим образцом и, изменяя продолжительность выдержки и проявления, добиваются стандартности изображения.

8. Если некоторая часть изображения проявляется значительно быстрее, чем весь фотоотпечаток, то проявление этого участка нужно остановить. Для чего с него смывают проявитель, например тампоном, смоченным чистой водой, и вновь погружают в проявитель. Участок, смоченный водой, будет проявляться медленнее, чем весь фотоотпечаток.

9. Иногда какой-то участок изображения на фотоотпечатке проявляется медленнее других частей. Тогда с него удаляют проявитель, споласкивая в чистой воде. Затем ватным тампоном, смоченным более теплым проявителем,

допроявляют отставшую часть изображения. Надо следить за тем, чтобы тампон не набрал много проявителя, иначе он растечется по фотоотпечатку и даст полосы. Рекомендуется на отстающее в проявлении место подышать, а затем быстро потереть рукой. Процесс проявления от местного повышения температуры ускорится. Приемы исправления, описанные в пп. 8 и 9, могут применяться только на бромосеребряных фотобумагах. Из-за быстрого проявления хлоробромосеребряных и хлоросеребряных фотобумаг регулировать ход проявления очень трудно.

10. Увеличение продолжительности проявления сильно недоэкспонированной фотобумаги или его быстрое прекращение, когда она переэкспонирована, не улучшит качество изображения. В первом случае изображение будет небольшой плотности и без деталей в тенях, во-втором — плотным и завуалированным.

11. Правильно экспонированную фотобумагу можно проявлять несколько дольше, чем указано в рецепте проявителя, без ухудшения качества изображения, а именно: бромосеребряные — до 4 *мин*, а хлоробромосеребряные и хлоросеребряные — до 3 *мин* без образования на них вуали.

12. Надо следить, чтоб руки всегда были чистыми, иначе на фотоотпечатке может остаться неудалимый или очень трудно устранимый след от пальцев. Особенно необходимо остерегаться попадания в кювету с проявителем фиксирующего раствора, так как тиосульфат натрия (гипосульфит) снижает светочувствительность фотобумаги. Когда перед проявлением непосредственно на фотобумагу попадает тиосульфат натрия даже в очень небольшом количестве, то в этом месте на фотоотпечатке образуется неудалимое пятно.

13. Перед закреплением фотоотпечатки следует ополаскивать в стоп-растворе (см. стр. 303).

14. Закреплять лучше в кислом закрепителе, а в жаркое время — в кислом дубящем, так как они дают более чистые фотоотпечатки, чем обыкновенный закрепитель.

57. РЕЦЕПТУРА ПРОЯВИТЕЛЕЙ ДЛЯ ФОТОБУМАГ

Назначение и характеристика различных типов проявителей для фотобумаг.

1. Нормальные проявители используются для проявления фотобумаг, напечатанных с негативов с изображе-

нием натуры: пейзажа, портрета, архитектуры, натюрморта и т. д.

2. Мягкоработающие малоконцентрированные проявители употребляются преимущественно для проявления портретных и художественных снимков и фотобумаг, экспонированных под контрастным негативом.

3. Контрастноработающие проявители с несколько повышенной концентрацией веществ применяются преимущественно для проявления технических снимков, репродукций текста, схем и чертежей.

4. Тонирующие проявители служат для непосредственного окрашивания изображения в теплые коричневатые тона различных оттенков.

5. Проявители для цветного монохромного проявления предназначаются для обработки самовирирующихся бромосеребряных фотобумаг.

6. Специальные проявители служат для устранения дефектов фотобумаги: вуали, фрикции, желтоватой окраски и т. д.

7. Проявители с обращением предназначаются исключительно для обработки фотобумаги с обращением.

Позитивные проявители нормального типа. Приведенные ниже проявители дают на фотоотпечатке тона от серочерного до чисто черного. Амидоловый проявитель в некоторых случаях придает изображению синевато-черный оттенок.

Продолжительность проявления во всех рецептах дана для нормально экспонированной фотобумаги.

Температура проявителя при обработке фотобумаг у всех рецептов одна — 20°.

Предел использования проявителей — проявление в 0,5 л 4000 см² фотобумаги, что приблизительно соответствует для форматов:

9×12 *см*—40 фотоотпечатков
13×18 *см*—20 »
18×24 *см*—10 »

ФАБРИЧНЫЙ ПРОЯВИТЕЛЬ ДЛЯ ФОТОБУМАГ № 1

Отечественные фабрики фотобумаг рекомендуют выпускаемые ими сорта фотобумаг обрабатывать в проявителе № 1, состав которого приведен в табл. 4. Продолжительность проявления бромосеребряной фотобумаги 2—2,5 *мин*, а хлоробромосеребряной и хлоросеребряной — 1—1,5 *мин*.

После проявления половины допустимого количества фотобумаги увеличивают продолжительность проявления бромосеребряной фотобумаги до 3—3,5 *мин*, а хлоробромосеребряной — до 2—2,5 *мин*. В этом случае вся партия фотоотпечатков будет одинаковой по контрастности и плотности.

МЕТОЛГИДРОХИНОНОВЫЙ ПРОЯВИТЕЛЬ

Проявитель является видоизменением проявителя № 1 и дает хорошую проработку деталей.

Метол	**2** *г*
Сульфит натрия безводный	**26** *г*
Гидрохинон	**4** *г*
Углекислый натрий безводный	**20** *г*
Бромистый калий	**1** *г*
Вода	**до 1** *л*

Продолжительность проявления бромосеребряной фотобумаги 2 *мин*, а хлоробромосеребряной и хлоросеребряной — 1 *мин*. После проявления половины допустимого количества фотобумаги продолжительность проявления увеличивают в 1,5 раза. Контраст и плотность фотоотпечатков в этом случае будут одинаковыми.

ФЕНИДОН-ГИДРОХИНОНОВЫЙ ПРОЯВИТЕЛЬ ДЛЯ БРОМОСЕРЕБРЯНЫХ ФОТОБУМАГ

Сульфит натрия безводный	**15** *г*
Гидрохинон	**4** *г*
Углекислый натрий безводный . . .	**20** *г*
Фенидон	**0,2** *г*
Бензотриазол	**0,1** *г*
Вода	**до 1** *л*

Продолжительность проявления «Унибром», «Новобром» и «Фотобром» — 2 *мин*. В 1 *л* проявителя можно обработать до 2 $м^2$ фотобумаги.

Повышение концентрации в проявителе бензотриазола на 0,1 *г* увеличивает коэффициент контрастности фотобумаги на 0,1, что позволяет регулировать контраст изображения при ограниченном ассортименте фотобумаги. Предел увеличения количества бензотриазола — 0,4 *г* на литр. При этом надо соответственно увеличивать выдержку, так как большая концентрация бензотриазола снижает светочувствительность фотобумаги.

Разработан Центральной научно-исследовательской лабораторией фотобумаг.

ФЕНИДОН-ГИДРОХИНОНОВЫЙ ПРОЯВИТЕЛЬ ДЛЯ ВСЕХ ТИПОВ ФОТОБУМАГ

Гидрохинон	12 *г*
Сульфит натрия безводный	50 *г*
Углекислый натрий безводный	60 *г*
Фенидон	0,5 *г*
Бромистый калий	2 *г*
Бензотриазол	0,2
Вода	до 1 *л*

При отсутствии бензотриазола количество бромистого калия увеличивают на 0,5 *г*. Перед употреблением проявитель разбавляют водой:

а) 1:1 — для проявления хлоробромосеребряных фотобумаг. Продолжительность проявления 45— 60 *сек*;

б) 1 : 3 — для проявления бромосеребряных фотобумаг. Продолжительность проявления 1,5—2 *мин*.

После проявления половины допустимого количества фотобумаги продолжительность проявления увеличивают на 25%.

ПАРААМИНОФЕНОЛОВЫЙ ПРОЯВИТЕЛЬ

Парааминофенол	7 *г*
Сульфит натрия безводный	18 *г*
Углекислый натрий безводный	50 *г*
Бромистый калий	1 *г*
Вода	до 1 *л*

Сохраняемость проявителя без использования – 2—3 суток. Ее можно увеличить до 20 дней, если к 1 *л* проявителя добавить 1 *г* двухромовокислого калия, отчего проявитель несколько изменит цвет и из раствора выпадет незначительный осадок.

Перед употреблением проявитель разбавляют водой 1 : 1.

Продолжительность проявления бромосеребряной фотобумаги 3 *мин*, хлоробромосеребряной и хлоросеребряной — 1,5 *мин*. Продолжительность проявления в консервированном проявителе увеличивается на 25%. Его экономичность не меняется.

ПАРААМИНОФЕНОЛ-ГИДРОХИНОНОВЫЙ ПРОЯВИТЕЛЬ

Сульфит натрия безводный	25 *г*
Парааминофенол	2,5 *г*
Гидрохинон	3 *г*
Углекислый натрий безводный	20 *г*
Бромистый калий	0,5 *г*
Вода	до 1 *л*

Продолжительность проявления бромосеребряной бумаги 3 *мин*, хлоробромосеребряной и хлоросеребряной — 1,5 *мин*. После проявления половины допустимого количества фотобумаги продолжительность проявления увеличивают на одну треть. Контрастность и плотность фотоотпечатков в этом случае будут одинаковы.

АМИДОЛОВЫЙ ПРОЯВИТЕЛЬ

Сульфит натрия безводный	100 *г*
Амидол	20 *г*
Бромистый калий (10%-ный раствор)	10—20 капель
Вода	до 1 *л*

Раствор амидола очень нестоек, и его надо приготовлять перед употреблением. Фотобумагу проявляют, разбавляя проявитель водой 1 : 1. Продолжительность проявления бромосеребряной фотобумаги 2 *мин*. Ввиду быстрой окисляемости проявителя в нем следует проявлять в два раза меньшее количество фотобумаги, чем в вышеупомянутых проявителях. Амидоловый проявитель очень чувствителен к изменению температуры раствора, которую надо обязательно поддерживать около 20°.

Проявитель хорошо прорабатывает детали в светах и тенях.

ГЛИЦИНОВЫЙ ПРОЯВИТЕЛЬ

Сульфит натрия безводный	125 *г*
Глицин	50 *г*
Углекислый калий	250 *г*
Вода	до 1 *л*

Перед употреблением 1 часть проявителя разбавляют 4 частями воды. Продолжительность проявления бромосеребряных фотобумаг 2 *мин*, хлоробромосеребряных — 1 *мин*.

ГЛИЦИНО-ГИДРОХИНОНОВЫЙ ПРОЯВИТЕЛЬ

Сульфит натрия безводный	30 *г*
Глицин	5 *г*
Гидрохинон	10 *г*
Углекислый калий	50 *г*
Бромистый калий	5 *г*
Вода	до 1 *л*

Перед употреблением 1 часть проявителя разбавляют 2 частями воды. Продолжительность проявления бромосеребряных фотобумаг около 4 *мин*, хлоробромосеребряных — около 2 *мин*.

Проявители контрастно- и мягкоработающие. Цвет изображения, проявленного в этих проявителях, глубоко-черный или темно-серый. У контрастноработающего проявителя максимальная оптическая плотность почернения образуется за короткое время, а у мягкоработающих — за более длительное.

КОНТРАСТНЫЙ МЕТОЛГИДРОХИНОНОВЫЙ ПРОЯВИТЕЛЬ

Метол	5 *г*
Сульфит натрия безводный	20 *г*
Гидрохинон	6 *г*
Углекислый калий	40 *г*
Бромистый калий	2 *г*
Вода	до 1 *л*

Продолжительность проявления бромосеребряных фотобумаг до 2 *мин*, хлоробромосеребряных и хлоросеребряных — до 1 *мин*.

МЯГКИЙ МЕТОЛОВЫЙ ПРОЯВИТЕЛЬ

Метол	15 *г*
Сульфит натрия безводный	75 *г*
Углекислый калий	75 *г*
Бромистый калий	2 *г*
Вода	до 1 *л*

Перед употреблением 1 часть проявителя разбавляют 4—5 частями воды. Соответственно продолжительность проявления бромосеребряной фотобумаги 2—2,5 *мин*, а хлоробромосеребряной и хлоросеребряной — 1—1,5 *мин*. Изображение получается очень мягким.

Проявители, тонирующие изображение. В процессе проявления стабильно тонируются хлоробромосеребряные фотобумаги («Бромпортрет», «Контабром») и бромосеребря-

ная «Самовирирующаяся». Бромосеребряные фотобумаги («Унибром», «Новобром» и «Фотобром») во время проявления часто не тонируются или этот процесс у них протекает нестабильно.

ТОНИРУЮЩИЙ ГИДРОХИНОНОВЫЙ ПРОЯВИТЕЛЬ ДЛЯ ХЛОРОБРОМОСЕРЕБРЯНЫХ ФОТОБУМАГ

Сульфит натрия безводный	75 *г*
Гидрохинон	20 *г*
Углекислый калий	100 *г*
Бромистый калий	2 *г*
Вода	до 1 *л*

Чем больше разбавлен водой проявитель, тем длительнее должна быть выдержка при печати и тем выше температура раствора (см. табл. 22).

Таблица 22

Изменение цвета изображения на фотоотпечатках

Цвет изображения	Увеличение выдержки в . . . раз	Разбавление проявителя водой в . . . раз	Температура раствора, °С
Черно-коричневый	Нормальная	Без разбавления	18—20
Темно-коричневый	3	1 : 6	20—22
Светло-коричневый	4	1 : 12	20—22
Красно-коричневый	6	1 : 15	20—25

ТОНИРУЮЩИЙ ПИРОГАЛЛОЛОВЫЙ ПРОЯВИТЕЛЬ ДЛЯ БРОМОСЕРЕБРЯНЫХ ФОТОБУМАГ

Проявитель составляют из трех запасных растворов, смешиваемых перед употреблением в отношении, указанном ниже. Процесс тонирования в нем *нестабилен*, отчего изображение часто получается черно-белым, особенно на фотобумагах № 1—№ 5.

I.	Метабисульфит калия	5 *г*
	Пирогаллол	10 *г*
	Вода	100 *мл*
II.	Сульфит натрия безводный	10 *г*
	Натрий углекислый кристаллический	10 *г*
	Вода	100 *мл*
III.	Бромистый калий	5 *г*
	Вода	до 50 *мл*

Перед проявлением составляют следующий рабочий раствор:

I запасной раствор	10 *мл*
II запасной раствор	100 *мл*
III запасной раствор	15 капель
Вода	100 *мл*

В зависимости от степени разбавления водой рабочего раствора, величины выдержки при печати и продолжительности проявления, получают цвета изображения, указанные в табл. 23.

Таблица 23

Изменение цвета изображения на фотоотпечатках

Цвет изображения	Увеличение выдержки в .... раз	Степень разбавления водой рабочего раствора в .... раз	Время проявления, *мин*
Черный	1	Без разбавления	2—3
Темно-черный	1,5	1:1,5	4
Сепия	2	1:2,5	6
Теплая сепия	3	1:5	10
Коричневый	4	1:8	15
Светло-коричневый	5	1:10	30

ТОНИРУЮЩИЙ ПРОЯВИТЕЛЬ ДЛЯ ФОТОБУМАГИ «САМОВИРИРУЮЩАЯСЯ»

I.	Гидроксиламин солянокислый	2,4 *г*
	Этилоксиэтилпарафенилендиаминсульфат	4,5 *г*
	Вода дистиллированная	500 *мл*
II.	Сульфит натрия безводный . .	1 *г*
	Углекислый калий	90 *г*
	Бромистый калий	0,5 *г*
	Вода дистиллированная	до 500 *мл*

Первый раствор вливают во второй при непрерывном помешивании. Для употребления он бывает готов через 24 *час* после изготовления. Если проявитель составляют не на дистиллированной воде, то в I и II запасные растворы вводят по 1 *г* динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты. Техническое название этой соли — трилон Б.

Продолжительность проявления 5 *мин*.

Проявители специального назначения. Для фотолюбителей представляют интерес проявители, снижающие вуали: фрикционную, старения и желтую.

Фрикционная вуаль на фотобумагах возникает только в местах, где ее светочувствительный слой подвергался трению или нажиму. Она имеет вид тонких черточек, полос или размытых пятен с разной степенью почернения, интенсивность которого зависит от силы давления, оказанного на светочувствительный слой.

Фрикционная вуаль весьма распространена на фотобумагах. Она особенно заметна на ее глянцевых и особоглянцевых сортах.

Старения вуаль образуется из-за восстановления проявителем неэкспонированных микрокристаллов галогенида серебра светочувствительного слоя фотобумаги, которые проявляются при длительном или неправильном ее хранении. Вуаль сначала образуется на краях листа, а со временем — на всей его поверхности.

Желтая вуаль на фотобумагах представляет собой коллоидное металлическое серебро, образовавшееся в процессе восстановления галогенида серебра. Ее возникновение зависит от природы желатины, используемой для изготовления фотографической эмульсии и условий проявления.

ПРОЯВИТЕЛЬ,
УМЕНЬШАЮЩИЙ ФРИКЦИОННУЮ ВУАЛЬ

Метол	**2** *г*
Гидрохинон	**8** *г*
Сульфит натрия безводный	**30** *г*
Углекислый натрий кристаллический	**90** *г*
Йодистый калий	**2,5** *г*
Бромистый калий	**0,5** *г*
Вода	**до 1** *л*

Проявитель непосредственно годен для работы. Продолжительность проявления такая же, как в фабричном проявителе № 1.

В результате проявления изображение на фотоотпечатке становится желтым. В фиксирующем растворе оно переходит в черное или темно-серое.

Проявитель уменьшает плотность фрикционной вуали, а в некоторых случаях, когда она выражена слабо, устраняет ее полностью. Действие проявителя основано на сильном замедлении проявления слабого скрытого изображения, возникшего от давления на светочувствительный

слой фотобумаги или от его трения при вынимании фотобумаги из конверта.

ПРОЯВИТЕЛЬ ДЛЯ ВУАЛИРОВАННЫХ ФОТОБУМАГ

Метол	**10** *г*
Сульфит натрия безводный	**45** *г*
Гидрохинон	**7** *г*
Углекислый калий	**40** *г*
Сульфат натрия (глауберова соль) . .	**30** *г*
Бромистый калий	**12** *г*
Вода	**до 1** *л*

Содержание бромистого калия снижают до 2 *г* на 1 *л*, если дополнительно вводят бензотриазол, в зависимости от степени вуалирования, 0,03—0,05 *г* на 1 *л*.

Обработка ведется до 2 *мин* при температуре 20°. В 250 *мл* проявителя обрабатывают не более 10 фотоотпечатков 9×12 *см*, так как истощенный раствор теряет способность снижать вуаль.

Ни фрикционную вуаль, ни вуаль от засветки данный проявитель не уничтожает.

ПРОЯВИТЕЛЬ ДЛЯ ЖЕЛТЕЮЩИХ ФОТОБУМАГ

I.	**Метол**	**4** *г*
	Сульфит натрия безводный . . .	**20** *г*
	Гидрохинон	**1** *г*
	Углекислый калий	**40** *г*
	Бромистый калий	**8** *г*
	Вода	**до 1** *л*
II.	**Красная кровяная соль**	**10** *г*
	Вода	**до 100** *мл*

Раствор красной кровяной соли вводят в проявитель перед его употреблением. Если в нем полутона прорабатываются плохо, то его разбавляют водой вдвое. Раствор нестоек. Применяется, если фотобумага в проявителе нормального состава дает желтую вуаль.

Проявление с обращением. Применяется для обработки фотобумаг с обращением (реверсивных). Используются два способа получения позитивного изображения: а) чернением сернистым натрием и б) вторичным проявлением после предварительной засветки.

Первый способ. Экспонированная реверсивная фотобумага обрабатывается в проявителе:

Гидрохинон	40 *г*
Сульфит натрия безводный	80 *г*
Кали едкое	50 *г*
Калий бромистый	6 *г*
Вода	до 1 *л*

1. Раствор перед употреблением разбавляют водой 1 : 1. Продолжительность проявления 2 *мин* при 20°. Промывка в проточной воде 1 *мин*.

2. Проявленное изображение отбеливают в следующем растворе:

Двухромовокислый калий	160 *г*
Вода	до 1 *л*
Серная кислота (уд. вес 1,84)	320 *мл*

После растворения двухромовокислого калия прибавляют серную кислоту (кислоту лить в раствор, а не наоборот!). Перед употреблением отбеливающий раствор разбавляют водой 1 : 7. Продолжительность отбеливания 50 *сек*.

3. После отбеливания фотоотпечаток промывают в проточной воде 1 *мин* и погружают на 50 *сек* в осветляющий раствор:

Сульфит натрия кристаллический	200 *г*
Вода	до 1 *л*

4. Затем следует промывка 1 *мин* и погружение на 30—60 *сек* в восстанавливающий раствор:

Натрий сернистый	10 *г*
Вода	до 1 *л*

5. После этого производятся окончательная промывка и сушка. Тон изображения коричневый.

Второй способ. До стадии осветления (п. 3) аналогичен первому способу. Затем производят засветку 5—10 *мин* электролампой в 100 *вт*, проявляют в проявителе № 1, промывают и сушат. Тон изображения черный.

58. ЗАКРЕПЛЕНИЕ ФОТОБУМАГИ

Химия закрепления. В процессе проявления галогениды серебра (AgHal) светочувствительного слоя фотобумаги восстанавливаются в металлическое серебро не полностью. Значительное их количество остается в слое

непроявленным и сохраняет чувствительность к свету. Поэтому невосстановленные микрокристаллы удаляют, иначе изображение на фотоотпечатке быстро исчезнет.

Использовать для этой цели воду нельзя вследствие чрезвычайно малой растворимости в ней галогенидов серебра. По этой причине все молекулы незначительнейшего количества галогенида серебра, перешедшие в раствор, будут полностью диссоциированы на ионы серебра и галогенида ($Ag^{+} + Hal^{-}$).

Растворить новое количество галогенида серебра можно, только уменьшив в растворе концентрацию ионов серебра. Для этого в раствор надо ввести вещество, например тиосульфат натрия, которое связывает ионы серебра в комплексную соль. На место ионов Ag^{+}, связанных им, поступят новые ионы серебра за счет растворения галогенида серебра, отчего его количество в светочувствительном слое уменьшится. Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока не израсходуются молекулы вещества, связывающего ионы серебра в комплексную соль. Таким образом, роль тиосульфата натрия заключается в образовании комплексной растворимой в воде соли серноватистокислого серебра и натрия состава $Na_4[Ag_2(S_2O_3)_3]$, прочно связывающей ионы серебра.

Такая комплексная соль образуется только при значительном избытке тиосульфата натрия по отношению к растворяемому галогениду серебра. Когда его избыток мал, то получается комплексная соль, слабо растворимая в воде, а потому трудно удаляемая из эмульсионного слоя фотобумаги. Если его нет, то образуется нерастворимая в воде комплексная соль.

Во время фиксирования происходит уменьшение концентрации тиосульфата натрия и насыщение закрепляющего раствора растворимой комплексной солью серноватистокислого серебра и натрия, что уменьшает скорость закрепления.

Из вышеизложенного видно, что химия закрепления фотобумаг аналогична этому процессу у негативных фотоматериалов. Различие заключается только в том, что подложка фотобумаги адсорбирует тиосульфат натрия и комплексные серноватистокислые соли натрия и серебра, отчего значительно удлиняется промывка фотоотпечатков по сравнению с длительностью промывки негативов и диапозитивов. Если эти вещества остаются неудаленными, то с течением времени изображение на фотоотпечатке выцветает или покрывается пятнами.

Продолжительность фиксирования зависит от скоростей следующих стадий процесса: образования двойной растворимой соли серноватистокислого серебра и натрия, диффузии поступления в эмульсионный слой фотоотпечатка свежих порций тиосульфата натрия и диффузии удаления из него продуктов реакции. Поэтому *перемешивание раствора закрепителя значительно сокращает продолжительность фиксирования*, так как способствует замене у поверхности фотоотпечатка истощенного раствора более свежим.

К сожалению, на практике это требование не выполняется, отчего помимо увеличения продолжительности фиксирования еще снижается и полнота закрепления фотоотпечатков.

Фотоотпечаток, помещенный в свежий раствор тиосульфата натрия, закрепляется при покачивании кюветы примерно за одну минуту. На практике закрепление продолжают 7—10 *мин*, поскольку обычно сразу фиксируют много фотоотпечатков и не покачивают кювету.

Слишком длительное фиксирование вызывает: 1) ослабление изображения из-за растворения некоторого количества серебра, 2) изменение тона изображения, полученного в тонирующем проявителе, и 3) удлинение промывки из-за более значительной адсорбции подложкой фотобумаги тиосульфата натрия и продуктов реакции закрепления.

Способы закрепления. Фиксирование фотоотпечатков производят в одно- и в двухрастворных закрепителях. Второй способ является более надежным в отношении полноты закрепления.

Фиксирование в одном растворе нецелесообразно, так как он практически становится непригодным для использования задолго до того, как перестает растворять галогениды серебра. В силу этого закрепитель часто приходится заменять свежим, чтобы избежать неполного фиксирования.

Фиксирование в двух растворах устраняет неполное закрепление фотоотпечатка при максимальном использовании тиосульфата натрия. В первом закрепителе фиксируют $^2/_3$ продолжительности полного фиксирования, во втором —$^1/_3$. В этом случае первый раствор можно употреблять почти до полного истощения. После чего его заменяют вторым раствором, а второй — свежим фиксажем.

Этот способ улучшает закрепление фотоотпечатка, потому что при промывке исключается образование в эмуль-

сионном слое и подложке нерастворимых комплексных солей серебра и натрия, которые часто образуются, когда фотоотпечаток закреплялся в одном растворе закрепителя. Рассмотрим причину их возникновения.

Если фотоотпечаток, полностью отфиксированный в одном растворе, перенести для промывки в воду, то из его эмульсионного слоя и подложки начнут диффундировать тиосульфат натрия и растворимая комплексная соль серноватистокислого серебра и натрия. Причем тиосульфат натрия, как вещество с меньшим молекулярным весом, переходит в воду быстрее, чем комплексная соль. В результате отношение

$$\frac{Na_2S_2O_3}{Na_4\,[Ag_2\,(S_2O_3)_3]}$$

в эмульсионном слое и подложке будет уменьшаться. Когда оно упадет до некоторой величины, растворимая комплексная соль серебра и натрия начнет переходить в другие комплексные соединения, уже менее растворимые или даже в почти нерастворимую в воде соль. Она не будет вымыта во время промывки, а при хранении фотоотпечатка разложится, образуя пятна сернистого серебра.

Если фотоотпечаток из первого закрепителя перенести во второй, то тиосульфат натрия из него не будет диффундировать. Это произойдет потому, что его концентрация в закрепителе выше, чем в фотоотпечатке. Следовательно, условия для образования нерастворимой комплексной соли серебра и натрия не будут созданы.

По литературным данным, в 1 *л* закрепителя однорастворным способом можно отфиксировать 10 000 *см*^{2} фотобумаги, двухрастворным, когда в каждую кювету налито по $^1/_2$ *л* закрепителя — в 4 раза больше.

Удлинение срока действия закрепителя. Срок использования закрепителя значительно удлиняется, если фотоотпечаток перед погружением в него ополоснуть в воде, а еще лучше — в стоп-растворе.

СТОП-РАСТВОР ДЛЯ ФОТОБУМАГ

Уксусная кислота 30%-ная	**50 *мл***
Вода	**до 1 *л***

Если для этой цели используется уксусная эссенция, то ее берут во столько раз больше (или меньше) по объему, во сколько раз ее крепость меньше (или больше) крепости 30%-ной уксусной кислоты.

СТОП-РАСТВОР, ПРЕПЯТСТВУЮЩИЙ НАБУХАНИЮ ЭМУЛЬСИОННОГО СЛОЯ

Уксусная кислота 30%-ная	20 *мл*
Сернокислый натрий кристаллический	200 *г*
Вода	до 1 *л*

Этим стоп-раствором рекомендуется пользоваться в жаркое время, когда трудно поддерживать у проявителя нормальную температуру.

Перед погружением в любой стоп-раствор фотоотпечаток следует несколько секунд подержать за уголок над кюветой с проявителем, чтобы с него стек проявитель. После чего фотоотпечаток купают 25—30 *сек* в стоп-растворе и переносят в закрепитель. В 1 *л* любого стоп-раствора можно обработать фотоотпечатки площадью 10 000 *см*^{2}.

Стоп-раствор считается использованным, если погруженная в него лакмусовая бумажка не краснеет.

Действие стоп-раствора объясняется следующим.

Во-первых, проявитель, находящийся на поверхности светочувствительного слоя, попадая в фиксаж, его окрашивает и уменьшает кислотность раствора. Окрашенный закрепитель в свою очередь будет окрашивать желатину слоя и тем самым ухудшать тон изображения.

Во-вторых, фотобумага, вынутая из проявляющего раствора, еще некоторое время проявляется за счет проявителя, находящегося в слое и на его поверхности. При употреблении быстроработающих проявителей это может привести к перепроявлению.

В-третьих, проявляющий раствор содержит значительное количество бромидов (KBr или $NaBr$), которые, попадая в фиксаж, увеличивают в нем количество ионов брома (Br^-), отчего концентрация ионов серебра (Ag^+) понижается и, следовательно, скорость растворения галогенида серебра уменьшается. Однако эта закономерность имеет место, когда в фиксаж попадает значительное количество бромидов; небольшое количество их не влияет на скорость фиксирования. Йодистый калий, образующийся во время проявления фотобумаги «Йодоконт», переходя в фиксирующий раствор, сильно замедляет процесс растворения галогенида серебра.

Определение истощения закрепителя. Наступление его истощения определяют по внешнему виду раствора и химическим способом.

В первом способе цвет и мутность фиксажа являются критерием для определения его пригодности. Легкое

помутнение и слабо-желтая окраска указывают на начало истощения, значительная мутность и коричневый цвет — на почти полное истощение. Выпадение желтого осадка серы, образование белого студенистого осадка гидрата окиси алюминия указывают на необходимость смены фиксажа.

Простейший химический способ определения пригодности фиксажа заключается в пробе на действие света. Капля фиксажа наносится на белую фильтровальную бумагу и выставляется на солнечный прямой свет. Если пятно окрасится в коричневый цвет, то далее нельзя фиксировать в этом растворе.

Более чувствительным способом является действие 1%-ного раствора сернистого натрия на отфиксированную полоску неэкспонированной фотобумаги, в который она опускается после 15-минутной промывки. Если она окрашивается в коричневый цвет, то это указывает на необходимость замены фиксажа.

Типы и рецепты закрепителей. Фиксировать фотоотпечатки рекомендуется только в кислом закрепителе, а в жаркое время — в дубящем. Исключение составляют фотоотпечатки самовирирующихся фотобумаг. Их можно закреплять только в 25%-ном растворе тиосульфата натрия.

Кислым называется закрепитель, в составе которого кроме тиосульфата натрия имеется еще кислая соль или слабая кислота. В качестве кислой соли обычно используют метабисульфит калия или бисульфит натрия. Из кислот — обычно уксусную, реже борную или лимонную. В этом случае в раствор добавляют сульфит натрия, который препятствует выпадению серы от разложения тиосульфата натрия под действием кислоты.

Такой закрепитель сразу прекращает процесс проявления, значительно медленнее окрашивается продуктами окисления проявляющего вещества и предупреждает образование желтых пятен на фотоотпечатках. Когда его раствор перестает быть кислым, т. е. не окрашивает лакмусовую бумажку в красный цвет, он теряет перечисленные свойства.

Дубящим называется кислый закрепитель, в состав которого введено дубящее вещество, например алюмокалиевые квасцы, так как их раствор бесцветен. Хромовые квасцы не используются в закрепителях для фотобумаг из-за окрашивания ими желатины фотоотпечатков.

Дубящий фиксаж устраняет чрезмерное набухание желатины эмульсионного слоя фотоотпечатка и связанное

с этим сильное ослабление его механической прочности. Из-за ее уменьшения часто образуются пузыри или сползает эмульсионный слой с подложки фотоотпечатка.

Дубящее действие алюмокалиевых квасцов обусловлено образованием в результате их взаимодействия с водой основных солей алюминия. Они адсорбируются желатиной с образованием комплекса, сохраняющегося при промывке фотоотпечатка в воде и тем увеличивающего прочность его эмульсионного слоя.

Большое значение для дубления имеет величина кислотности раствора, т. е. его pH. Закрепители с алюмокалиевыми квасцами хорошо дубят в интервале pH от 4 до 6. В щелочной среде эффект дубления мал или отсутствует. *Поэтому фотоотпечатки перед погружением в дубящий фиксаж надо споласкивать в стоп-растворе.* Этим значительно уменьшают занос проявителя в закрепитель и тем сохраняют его дубящее действие.

1. КИСЛЫЙ ЗАКРЕПИТЕЛЬ

Тиосульфат натрия	250 *г*
Метабисульфит калия	25 *г*
Вода	до 1 *л*

2. КИСЛЫЙ ЗАКРЕПИТЕЛЬ

Тиосульфат натрия	250 *г*
Сульфит натрия безводный	15 *г*
Уксусная кислота 30%-ная	50 *мл*
Вода	до 1 *л*

КИСЛЫЙ ДУБЯЩИЙ ЗАКРЕПИТЕЛЬ

Его получают, вводя в закрепитель 2

Алюмокалиевые квасцы	15 *г*

При составлении кислого и кислого дубящего закрепителей надо соблюдать следующие правила.

1. Нельзя уксусную кислоту и раствор квасцов непосредственно вливать в раствор тиосульфата натрия, так как это вызовет его разложение, называемое (из-за выпадения серы) *сульфуризацией*. Она не происходит, если предварительно в закрепитель введен раствор сульфита натрия.

2. При добавлении в закрепитель раствора алюмокалиевых квасцов его температура не должна превышать 30° — иначе также может произойти сульфуризация.

При правильном составлении закрепителя сульфуризация возникает только от значительного повышения температуры раствора, например, если сосуд с закрепителем стоит на солнцепеке.

Кислые дубящие закрепители могут вызвать пузырение фотобумаги. Их образование происходит от выделения из эмульсионного слоя углекислого газа и, возможно, также сернистого газа, которые отслаивают его от баритового слоя подложки фотобумаги. Покачивание фотоотпечатка в течение нескольких секунд, производимое в начале фиксирования, часто предотвращает образование пузырей. Промывка фотоотпечатка в стоп-растворе действует аналогично.

Правила закрепления. 1. Фотоотпечаток перед погружением в закрепитель обязательно споласкивают в воде или в стоп-растворе.

2. В кювете должно быть такое количество закрепителя, чтобы фотоотпечатки в нем свободно плавали.

3. Кювету необходимо систематически покачивать. Амплитуда покачивания должна обеспечить перемещение фотоотпечатков относительно друг друга. Покачивание кюветы заменяет перекладывание снимков в растворе.

4. Продолжительность фиксирования фотоотпечатков не должна превышать 15 *мин.*

5. Не пользоваться истощенным закрепителем.

6. Закрепитель считается негодным, если из раствора выпала сера, он окрасился и начал пениться.

7. Удалять с поверхности закрепителя налет, имеющий металлический блеск. Он возникает при долгом хранении использовавшегося закрепителя и представляет собой сернистое серебро, образующееся из-за присутствия в воздухе следов сероводорода. Налет снимают фильтровальной бумагой, осторожно проводя ею по поверхности раствора. Если его не удалить, то налет осядет на эмульсионный слой фотоотпечатка и испортит изображение. После высыхания фотоотпечатка этот дефект устранить невозможно.

8. Закрепление фотоотпечатков на фотобумаге с видимым печатанием производят в вираж-фиксаже (см. § 68).

59. ПРОМЫВКА ФОТООТПЕЧАТКОВ

Промывка фотоотпечатков — операция важная, особенно если они предназначаются для длительного хранения. При недостаточной промывке, даже если фиксирование было тщательно проведено в свежеприготовленном

растворе, фотоотпечатки с течением времени покроются коричневыми пятнами или пожелтеют. В некоторых случаях изображение может полностью исчезнуть или стать слабо заметным.

Сущность процесса промывки. Она заключается в том, что тиосульфат натрия и незначительная часть комплексных соединений серебра и натрия, полностью не удаленных из фотоотпечатка во время фиксирования, диффундируют в промывную воду.

Скорость диффузии при промывке тем выше, чем больше концентрация растворимых веществ в фотоотпечатке, чем быстрее происходит смена воды и чем выше ее температура. Поэтому в начале промывки диффузия протекает очень быстро из-за большой концентрации в фотоотпечатке тиосульфата натрия. Затем она постепенно замедляется и прекращается, когда концентрация веществ в системе фотоотпечаток — вода выравнивается.

Диффузия начинает протекать вновь после добавления чистой воды, которая на некоторое время нарушит образовавшееся равновесие концентраций. Затем процесс опять прекращается. Для его начала требуется новая порция чистой воды и т. д.

Способы промывки. Фотоотпечатки промывают тремя способами: а) последовательными сменами воды, б) в проточной воде и в) под душем.

При промывке последовательными сменами воды количество тиосульфата натрия и других веществ, оставшихся в фотоотпечатке, уменьшается в геометрической прогрессии по мере увеличения числа промывок. Расчеты показывают, что после каждой смены воды количество солей в фотоотпечатке уменьшается в 20 раз. Таким образом, уже после второй смены воды оставшееся количество тиосульфата натрия очень мало, а после третьей и четвертой совершенно ничтожно. Поэтому для полной промывки фотоотпечатка вполне достаточно 5 смен воды. Менять воду надо через 5 *мин*, так как за это время происходит достаточное выравнивание концентрации солей в фотоотпечатке и воде.

Промывка фотоотпечатков в проточной воде протекает непрерывно и подчинена той же закономерности, что и при промывке в сменах воды. Поэтому нет необходимости промывать фотоотпечатки при очень быстром токе воды, так как это существенно не скажется на скорости диффузии тиосульфата натрия и других веществ из фотоотпечатка в воду, но значительно увеличивает ее нецелесообразный

расход. Струю воды, поступающую в кювету, надо отрегулировать так, чтобы полная смена воды в ней заканчивалась за 5 *мин*. Вода в кювету должна подаваться снизу или несильной струей сверху, так как сильная струя может повредить эмульсионный слой фотоотпечатка.

Как уже указывалось, промывку удобно производить каскадным способом (см. рис. 5), который значительно уменьшает расход воды.

Промывка фотоотпечатков под душем несколько сокращает время промывки, но в условиях работы фотолюбителя ее трудно осуществить.

Продолжительность промывки можно сократить примерно вдвое, если предварительно положить фотоотпечатки на 2 *мин* в 0,3%-ный раствор углекислого натрия (соды) или нашатырного спирта.

В фотоотпечатках, предназначаемых для длительного хранения, нужно уменьшать остаточное содержание тиосульфата натрия до минимума. В этом случае рекомендуется после фиксирования положить фотоотпечатки на 10 *мин* в 2%-ный раствор сульфита натрия, а затем промывать не менее 15 *мин*. Отчего количество остаточных солей в эмульсионном слое и подложке фотоотпечатка уменьшится примерно в 6 раз по сравнению с 25-минутной промывкой в одной воде.

Этим способом не следует пользоваться, когда промывная вода имеет повышенную жесткость или фиксирование производилось в дубящем закрепителе с алюмокалиевыми квасцами. Потому что это приведет к выпадению осадка кальция на эмульсионном слое фотоотпечатка. Для его удаления потребуется дополнительная обработка фотоотпечатков в 1%-ном растворе соляной кислоты и новая промывка.

При промывке надо учитывать следующие факторы:

1. Фотоотпечатки с подложкой картонной плотности промывают в два раза дольше, а фотоотпечатки на полукартоне — в 1,5 раза дольше, чем фотоотпечатки на тонкой подложке, продолжительность промывки которой при соблюдении всех вышеуказанных требований составляет 25 *мин*.

Разница в продолжительности промывки вызывается тем, что волокна бумаги подложки значительно сильнее удерживают тиосульфат натрия и продукты реакции фиксирования, чем эмульсионный слой фотоотпечатка, а потому, чем толще подложка фотоотпечатка, тем длительнее промывка.

2. На продолжительность промывки фотоотпечатков влияют условия фиксирования и состав закрепителя. Если фотоотпечатки фиксировались в кислом растворе, то удаление тиосульфата натрия во время промывки протекает быстрее, чем если бы их фиксирование производилось в дубящем закрепителе, особенно с алюмокалиевыми квасцами. В последнем случае промывку надо увеличить на 50%.

3. Промывка фотоотпечатков сильно замедляется, когда их в кювете много, так как они в этом случае часто слипаются. На слипшихся фотоотпечатках обычно образуются желтые пятна (их удаление см. стр. 353). Поэтому их нужно постоянно перекладывать в кювете.

4. Наиболее благоприятная температура воды для промывки 18—20°. Воду температурой выше 24° применять не следует, так как в этом случае увеличивается набухание слоя желатины, отчего он легко повреждается. При температуре воды ниже 15° продолжительность промывки значительно увеличивается.

5. Продолжительность промывки фотоотпечатков, предназначенных для *длительного хранения*, *удваивают*, а для *архивного хранения* — *утраивают*. В этом случае после промывки фотоотпечатки рекомендуется обрабатывать раствором разрушителя тиосульфата натрия.

Определение полноты промывки. Конец промывки определяют колориметрическим способом, т. е. по изменению цвета контрольного раствора. Если его фиолетовая окраска в течение 30 *сек* остается неизменной, то промывка закончена. Окрашивание раствора за это время в оранжевый или в желтый цвет и особенно его обесцвечивание указывают на необходимость продолжения промывки.

КОНТРОЛЬНЫЙ РАСТВОР

Марганцевокислый калий	**0,3** *г*
Едкий натр	**0,6** *г*
Вода дистиллированная	**250** *мл*

Перед употреблением 1 *мл* (20 капель из пипетки с диаметром отверстия 2 *мм*) контрольного раствора разбавляют 125 *мл* дистиллированной воды. Затем 15 *мл* разбавленного контрольного раствора наливают в склянку или в другой какой-либо сосуд из бесцветного прозрачного стекла и добавляют в него в течение 30 *сек* капли воды, стекающей с фотоотпечатков. Если промывка фотоотпечатков закончена, то цвет раствора за последующие 30 *сек*

должен оставаться фиолетовым. Изменение цвета указывает на необходимость продолжения промывки.

Нужно иметь в виду, что цвет контрольного раствора может измениться от действия органических веществ, иногда в небольшом количестве присутствующих в воде. Чтобы убедиться в их отсутствии, в 15 *мл* контрольного разбавленного раствора вводят столько капель воды, используемой для промывки, сколько их стекло с фотоотпечатков при испытании полноты промывки. Если раствор сохраняет в течение 30 *сек* фиолетовый цвет — значит, в воде органических веществ нет.

В противном случае испытания проводят одновременно в двух контрольных растворах. В одном из них собирают капли жидкости с фотоотпечатков, в другой добавляют равное количество капель промывной воды. О присутствии тиосульфата натрия судят по относительному изменению их цвета. Так, например, если контрольный раствор с промывной водой стал розовым, а с каплями, стекающими с отпечатков,— желтым, то это указывает на неполноту промывки фотоотпечатков. Если цвет обоих контрольных растворов перешел из фиолетового в розовый, то это означает, что промывка фотоотпечатков завершена.

Стабилизация фотоотпечатков. Если после промывки в фотоотпечатках остается тиосульфат натрия и комплексные серноватистокислые соли серебра и натрия в количестве, большем 2,3 *мг* на 1 $м^2$ фотоотпечатков на тонкой подложке и 3,9 *мг* — на картонной плотности, то с течением времени на них образуются желто-коричневые пятна или происходит ослабление изображения, так называемое *выцветание*. Оно наиболее заметно в свéтах изображения, где металлического серебра немного. В этих участках изображение из сернистого серебра получается слабоокрашенным и почти не отличающимся от цвета эмульсионного слоя фотоотпечатка на фотобумаге «шамуа».

Скорость выцветания изображения зависит от количества веществ, оставшихся в фотоотпечатке: чем их больше, тем быстрее произойдет выцветание. Фотоотпечатки на хлоробромосеребряной и хлоросеребряной фотобумаге выцветают скорее, чем на бромосеребряной. Это объясняется тем, что зерна металлического серебра изображения у первых мельче, чем у вторых.

Выцветают фотоотпечатки даже идеально отфиксированные и промытые, но только очень медленно. Это происходит из-за реакции между серебром изображения, сероводородом и сернистым газом, содержащимися в воздухе

квартир с газовым отоплением и в воздухе больших городов с развитой химической и металлургической промышленностью. Выцветание ускоряется, когда фотоотпечатки наклеиваются на паспарту желатиновым или крахмально-желатиновым клеем, обладающим значительной гигроскопичностью. В этом случае в эмульсионном слое фотоотпечатка повышается содержание влаги, что и вызывает более быстрое его выцветание.

Этот процесс независимо от причины, его вызывающей, протекает значительно интенсивнее при высокой температуре и повышенной влажности воздуха.

Разрушение тиосульфата натрия. Выцветание изображения на фотоотпечатках можно уменьшить или устранить полностью дополнительной обработкой. Этих способов два.

Первый заключается в окислении тиосульфата натрия и комплексных соединений серебра и натрия, оставшихся после промывки в эмульсионном слое и подложке фотоснимка, в соединения, не реагирующие с серебром изображения. Для этого фотоотпечатки обрабатывают в растворе разрушителя тиосульфата натрия.

РАЗРУШИТЕЛЬ ТИОСУЛЬФАТА НАТРИЯ

Вода	**500** *мл*
Перекись водорода (3%-ный раствор)	**125** *мл*
Аммиак (3%-ный раствор)	**100** *мл*
Вода	**до 1** *л*

Для получения 3%-ного раствора 28%-ный аммиак разбавляют 9 частями воды.

Разрушитель тиосульфата натрия составляют непосредственно перед использованием, так как сохранять его трудно из-за непрерывного выделения кислорода.

Запасной 3%-ный раствор перекиси водорода необходимо хранить в склянке коричневого стекла не на прямом солнечном свету — иначе *произойдет его разложение*. Лучше держать его в холодном месте, например в холодильнике.

После 25—30-минутной промывки фотоотпечатков в проточной воде их переносят в разрушитель, температура которого должна быть 20°. В нем фотоотпечатки непрерывно перекладывают, чтобы обеспечить доступ раствора к обеим сторонам фотоотпечатка. По прошествии 5 *мин* их вынимают и промывают в проточной воде 10 *мин*. После чего сушат.

В 1 *л* разрушителя можно обработать 5000 *см*² фотоотпечатков.

При обработке фотоотпечатков разрушителем тиосульфата натрия могут возникнуть следующие дефекты изображения.

1. Эмульсионный слой становится липким. Липкость устраняют, помещая фотоотпечаток на 3 *мин* в 1%-ный раствор формалина.

2. Изменяется тон изображения на фотоотпечатке. Для его предотвращения в разрушитель дополнительно вводят 1 *г* бромистого калия.

3. На светах изображения появляется слабо-желтая окраска. Удаляют ее обработкой фотоотпечатка в 1%-ном растворе уксусной кислоты.

Второй способ заключается в тонировании фотоотпечатка золотом или серосодержащими веществами (см. стр. 323), что существенно увеличивает устойчивость изображения к действию газов, находящихся в воздухе. Тонирование золотом, хотя и труднодоступно, обладает тем преимуществом по сравнению с осернением изображения, что почти не изменяет первоначального цвета фотоотпечатка, так как частицы серебра покрываются тонким слоем золота.

Тонирование золотом производят следующим раствором.

Запасные растворы

I.	**Хлорное золото**	**1** *г*
	Вода дистиллированная . . .	**100** *мл*
II.	**Роданистый натрий**	**10** *г*
	Вода дистиллированная . . .	**100** *мл*

Для употребления берут:

Запасной раствор I	**10** *мл*
Запасной раствор II	**100** *мл*
Вода	**до 1** *л*

После тщательной промывки отпечаток погружают на 10 *мин* в рабочий раствор. Затем следует 10—12-минутная промывка и сушка.

В 1 *л* раствора можно обработать не более 4500 *см*² фотоотпечатков.

11 № 2597

60. СУШКА ФОТООТПЕЧАТКОВ

Сущность сушки. Скорость сушки зависит от содержания влаги (паров воды) в воздухе: чем ее больше, тем медленнее испаряется вода из фотоотпечатков, и наоборот, чем ее меньше, тем быстрее происходит этот процесс. Количество же паров воды в воздухе зависит от температуры и, следовательно, от времени года: летом их в воздухе больше, зимой — меньше. Поэтому, если зимний воздух, например с температурой — 10°, подогреть до 25°, то он поглотит значительно больше влаги, чем летний воздух с температурой 25°. В этих условиях сушка фотоотпечатков зимой закончится быстрее, чем летом.

Вообще, чем выше температура воздуха, тем большее количество влаги он может поглотить, тем скорее протекает сушка. Однако слишком горячий воздух может расплавить желатину эмульсионного слоя фотоотпечатков. Поэтому рекомендуется сушку фотоотпечатков начинать при температуре воздуха около 25°, постепенно поднимая ее до 35—37°.

При одной и той же влажности воздуха фотоотпечатки высыхают тем скорее, чем больше скорость потока воздуха, их обдувающего. Поэтому фотоотпечатки следует сушить под вентилятором. В неподвижном воздухе, особенно если он влажный, сушка происходит очень медленно.

На скорость сушки также влияет положение фотоотпечатков по отношению к воздушному потоку. Наибольшей она будет, когда он поступает перпендикулярно к их поверхностям, и примерно вдвое меньшей — при его движении параллельно им.

Физическая сторона процесса сушки заключается в следующем. С ее началом концентрация воды на поверхности эмульсионного слоя и подложки становится меньше, чем в их внутренних частях. Возникшая разница концентраций начинает немедленно выравниваться вследствие диффузии воды изнутри фотоотпечатка к его поверхности. Процесс испарения воды и, следовательно, высушивание будут протекать до тех пор, пока содержание влаги в воздухе и в фотоотпечатке не станет одинаковым, т. е. когда наступит равновесное состояние концентраций влаги в воздухе и в фотоотпечатке.

Испарение воды с поверхностей фотоотпечатка представляет собой сложное явление, состоящее из двух стадий. На первой стадии сушки молекулы воды диффундируют в виде пара в очень тонкий слой воздуха, в так на-

зываемую *воздушную пленку*, возникающую на поверхности эмульсионного слоя и подложки фотобумаги. Ее толщина зависит от скорости движения потока воздуха, используемого для сушки. Чем она больше, тем тоньше воздушная пленка, тем меньший путь должны пройти молекулы воды, чтобы ее преодолеть и улетучиться в окружающее пространство. И, следовательно, тем скорее будет происходить высушивание фотоотпечатка. Затем на скорость преодоления воздушной пленки молекулами воды, испаряющейся из фотоотпечатка, влияет влажность воздуха: чем она меньше, тем быстрее молекулы воды проходят через воздушную пленку.

Второй стадией процесса сушки является рассеяние в окружающее пространство молекул воды после их выхода из воздушной пленки, которое происходит тем быстрее, чем скорее осуществляется обмен воздуха у поверхности фотоотпечатков. В результате такого рассеяния молекул воды влажность воздуха в помещении увеличивается. Через некоторое время при большом числе высушиваемых фотоотпечатков наступает равновесное состояние между концентрацией молекул воды в воздухе и в воздушной пленке, отчего сушка прекращается. Поэтому при сушке необходимо непрерывно обновлять воздух в помещении.

Способы сушки. Фотоотпечатки сушат в сухом помещении без пыли, подвешивая их в вертикальном положении на бечеве с помощью бельевых зажимов или в горизонтальном положении, укладывая их изображением вверх на марлю, натянутую на раму. Такая сушка без принудительного обдува фотоотпечатков воздухом длится долго, а именно:

а) в помещении умеренно теплом и сухом — 5—7 часов;

б) в помещении прохладном и сухом—9—12 часов. Она значительно ускоряется, если к фотоотпечаткам непрерывно и равномерно поступает подогретый воздух, например от вентилятора с электрическим подогревом.

Сушка еще более ускоряется, если промытый фотоотпечаток поместить на несколько минут в 70—80%-ный раствор этилового или денатурированного спирта. Он жадно соединяется с водой, уменьшая тем ее содержание в фотоотпечатке, что приводит к ускорению его высыхания. Спирт при купании фотоотпечатков постепенно насыщается водой и становится негодным для ускорения сушки. Его можно регенерировать обезвоженным гипсом (сернокислым кальцием). Для этого гипс при помешивании насы-

пают в сосуд со спиртом, разбавленным водой. Безводный сернокислый кальций, соединяясь с водой, образует нерастворимый осадок. Когда осадок осядет на дно сосуда, спирт фильтруют через вату. После чего он становится годным для употребления. Эту операцию можно повторять до полного израсходования спирта.

Очень важно, чтобы скорость сушки была равномерной на всей поверхности фотоотпечатка. Так как места, высыхающие с запозданием, часто бывают видны на полностью высохшем эмульсионном слое. Этот дефект удаляют размачиванием фотоотпечатка в воде с последующей сушкой в равномерном потоке воздуха. Иногда он бывает неустраним.

Фотоотпечатки нельзя пересушивать, так как при этом легко образуются трещины на эмульсионном слое.

Глянцевание фотоснимков при сушке. Фотоотпечатку на глянцевой или особоглянцевой фотобумаге можно придать зеркальный глянец. Для этого его мокрым накатывают на какую-либо зеркальную поверхность и оставляют на ней до полного высыхания. При этом с возникновением зеркального глянца на нем значительно улучшается видность мелких деталей изображения. *Глянцевать фотоотпечатки с матовой или структурной поверхностью нельзя.*

Для накатывания фотоотпечатков применяют зеркальное стекло, целлулоид или плексиглас (органическое стекло). Их поверхность не должна иметь грязи, царапин, выбоин, сколов и т. д. Поэтому листы стекла, целлулоида и плексигласа перед накатом фотоотпечатков тщательно моют и насухо вытирают чистой марлей. Зеркальное стекло, кроме того, протирают денатурированным спиртом, и на него наносят следующий состав:

Бензин	100 *мл*
Воск белый	1 *г*

Состав растирают на стекле до тех пор, пока он не распределится на нем совершенно равномерно. Это устанавливают по отсутствию полос на стекле, рассматриваемом под острым углом. Чистку и натирку стекол воском производят каждый раз перед накатом новой порции фотоотпечатков.

Возможность прилипания фотоотпечатка к поверхности листа уменьшается, если перед накатыванием его на 5 *мин* погрузить в 10%-ный раствор двууглекислого натрия (питьевой соды).

Так подготовленный фотоотпечаток эмульсионным слоем осторожно укладывают на лист, следя за тем, чтобы на фотоотпечатке не образовались складки, а под ним не было воздушных пузырьков. Если они получились, то фотоотпечаток снимают и вновь накладывают на лист. Если воздушный пузырек образовался около края фотоотпечатка, то его, не снимая фотоотпечатка с листа, легко выдавить пальцем за край. Эту операцию надо проделать обязательно, так как под пузырьком воздуха глянец не получится. После чего фотоотпечаток накрывают куском белого полотна или несколькими слоями фильтровальной или газетной бумаги и плотно прикатывают его резиновым валиком к стеклу, плексигласу или целлулоиду. Эту операцию очень удобно делать пластинкой из плексигласа, краю которой придана овальная форма. Для этой цели можно использовать также любую целлулоидную расческу, если ее основание имеет ровную поверхность.

В таком виде фотоотпечаток оставляют для сушки, которую проводят обычным способом. Высохнув, фотоотпечаток сам отделится от листа. Если хорошо высохший фотоотпечаток сам не отделяется от листа, то надо один его край приподнять лезвием перочинного ножа, а затем осторожно отделить весь отпечаток, что произойдет без всяких усилий. Если некоторая часть фотоотпечатка не отстает от листа — значит, он высох неполностью. В этом случае фотоотпечаток досушивают.

Отдирать фотоотпечаток от листа нельзя, так как это неминуемо приведет к порче изображения.

Иногда фотоотпечатки после высыхания приклеиваются к глянцевальному листу, несмотря на самую тщательную подготовку его поверхности. Это указывает на слабое дубление светочувствительного слоя фотобумаги. Тогда перед накатом фотоотпечатки дубят в 2%-ном растворе формалина.

Фотоотпечаток, по каким-либо причинам не отстающий от листа, кладут вместе с ним в сосуд с водой для размачивания. По прошествии 10—15 *мин* его можно отделять. Делать это надо под водой.

Глянцевание и сушку фотоотпечатков производят на электроглянцевателе типа ЭН-9 или ЭФГ. Делается это так: на тщательно полированный стальной лист накатывают фотоотпечатки размером до 18×24 *см*. Затем лист с фотоотпечатком нагревают электротоком. Сушка и глянцевание заканчиваются за 5—10 *мин*.

Совершенно высушенный отглянцованный фотоотпечаток имеет ровный зеркальный блеск на всей поверхности. Если же на нем образовались матовые пятна или точки, то это свидетельствует, что эмульсионный слой был неплотно прикатан к листу. Такой фотоотпечаток надо размочить в воде и прикатать более плотно.

Иногда, несмотря на самое тщательное прикатывание, на фотоотпечатке остаются мелкие матовые пятнышки. Это указывает на фабричный брак фотобумаги, вызванный неравномерным задубливанием ее светочувствительного слоя. Исправить этот дефект невозможно.

Приведена классификация различных способов тонирования фотоотпечатков. Рассмотрены требования, предъявляемые к позитиву, предназначенному для тонирования. Даны рецепты растворов, окрашивающих фотоотпечатки в коричневый, синий, желтый, зеленый и красный цвета. Изложены способы изменения тона позитивного изображения повторным проявлением.

10. ТОНИРОВАНИЕ ФОТООТПЕЧАТКОВ

61. НАЗНАЧЕНИЕ ТОНИРОВАНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ТОНИРУЮЩИХ РАСТВОРОВ

Окрашивание фотоотпечатков производят с эстетической целью, поэтому выбор цвета изображения зависит от вида сюжета. Нельзя, например, портрет окрашивать в зеленый или синий цвет, так как такой портрет вызовет неприятное впечатление. Портретный же снимок, окрашенный в темно-коричневый или красно-коричневый цвет, смотрится очень хорошо. Фотоснимок с ночным сюжетом, окрашенный в глубоко-синий тон, будет более эффектным. Таких примеров можно привести много.

При выборе цвета фотоотпечатка надо руководствоваться опытом художников, которые делят цвета на теплые и холодные.

Теплыми цветами считаются: красные, красно-коричневые, коричневые, оранжевые, желтые и желто-зеленые.

Холодными цветами — голубовато-зеленые, голубые, синие и фиолетовые.

Такое разделение цветов введено художниками на том основании, что красками первой группы изображают солнце, огонь, свет, лицо человека и т. д., а красками второй — воду, снег, сумерки, дали и т. д.

Теплые цвета дают соединения серы, селена, урана, кадмия, никеля. Холодные — соединения железа и меди.

Процесс окрашивания фотоотпечатков называется *тонированием* или *вирированием*. Тонирование осуществляют прямым и непрямым или косвенным способами.

Тонирование прямым способом производится в одном растворе, в котором металлическое серебро изображения переводится в соединение, имеющее тот или иной цвет. В этом его удобство. Недостатком является невозможность во время обработки изменять оттенок цвета изображения.

Тонирование непрямым способом делается в двух растворах. В первом, так называемом *отбеливающем, растворе* металлическое серебро изображения окисляется в соединение белого или желтовато-белого цвета. Во втором — *вирирующем растворе* оно переводится в окрашенное соединение. Этот способ тонирования более длительный, чем первый. Его достоинство — возможность варьирования оттенка цвета изображения изменением продолжительности отбеливания и тонирования. К нему также относится вирирование органическими красителями протравленного серебра изображения позитива. Этот способ дает на диапозитивах хорошее изображение, на фотоотпечатках — неудовлетворительное, а потому он не будет описан.

К прямому способу тонирования относятся:

1. Окрашивание непосредственным осернением или оселенением. Этот способ заключается в том, что металлическое серебро изображения под действием соединений серы или селена переходит в сернистое или селенистое серебро.

2. Окрашивание железистосинеродистыми соединениями урана, меди, железа и свинца. По этому способу железосинеродистая соль, обычно красная кровяная соль, окисляет металлическое серебро изображения в железистосинеродистое серебро, которое, реагируя с солями металла (урана, меди, свинца и т. п.), дает окрашенные соединения.

Прямым тонированием получают коричневые, красно-коричневые, синие и зеленые цвета. Цвет изображения зависит от веществ, вводимых в вирирующий раствор, а именно:

1. Коричневый цвет, или, как говорят, тон сепии,

дает сернистый натр, тиомочевина и алюмокалиевые квасцы с тиосульфатом натрия.

2. Красно-коричневый цвет — соединения селена и азотнокислый уранил *.

3. Красно-коричневый цвет с фиолетовым оттенком образует сернокислая медь.

4. Синий цвет изображения дают железоаммиачные квасцы, аммиачное лимоннокислое железо и треххлористое железо.

5. Зеленый цвет — соединения кобальта.

Непрямым тонированием получают цвета: черно-коричневые, коричневые, красно-коричневые, красные и желтые разных оттенков, зеленые и салатно-зеленые. Причем оттенок цвета изображения зависит от состава отбеливающего и тонирующего растворов.

I. Отбеливающий раствор с красной кровяной солью окисляет серебро изображения в железистосинеродистое. В этом случае при тонировании получают следующий цвет изображения:

1. Коричневый — сернистым натрием и тиомочевиной (тиокарбамидом).

2. Красно-коричневый — азотнокислым уранилом и соединениями селена.

3. Красный — хлористым никелем.

4. Красно-фиолетовый — сернокислой медью.

5. Синий — треххлористым железом и железоаммиачными квасцами.

II. Отбеливающий раствор с красной кровяной солью и азотнокислым свинцом окисляет серебро изображения в железистосинеродистую свинцово-серебряную соль, тогда при тонировании получают следующий цвет изображения:

1. Черно-коричневый — сернистым натрием.

2. Ярко-желтый — двухромовокислым калием.

3. Ярко-зеленый — смесью двухромовокислого калия и железоаммиачных квасцов.

4. Салатно-зеленый — двухлористым кобальтом.

III. Отбеливающий раствор с солями кадмия и лимоннокислого калия окисляет серебро изображения в железистосинеродистое с попутным образованием железистосинеродистого кадмия. С последним сернистый натрий дает лимонно-желтое изображение.

---

* Рецепты с солями урана не приводятся из-за отсутствия его в продаже.

IV. Отбеливающий раствор с бромистым калием или хлористым натрием окисляет серебро изображения соответственно в бромистое или хлористое серебро, которое при тонировании сернистым натрием дает коричневое изображение.

Непрямой способ позволяет производить *двойное тонирование*, которое заключается в том, что разные части отбеленного изображения окрашивают в различные цвета. Например, можно тонировать только сюжетно важную часть изображения, оставляя фон черно-белым, или, наоборот, тонировать фон, а не сюжетно важную часть изображения.

Прямым и косвенным способами тонируют все сорта фотобумаг.

62. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ФОТООТПЕЧАТКУ

Фотоотпечатки, предназначенные для тонирования, должны быть самым тщательным образом обработаны. Основными условиями, обеспечивающими хорошее тонирование, являются:

1. *Правильная выдержка при печати и нормальное проявление*, обеспечивающие получение сочного изображения с деталями в тенях и светах.

Фотоотпечатки недоэкспонированные или переэкспонированные, перепроявленные или недопроявленные для вирирования непригодны, так как они окрашиваются в цвета нечистые или неприятного оттенка. Фотолюбители не учитывают такого влияния на цвет изображения условий обработки черно-белого фотоотпечатка, и неудачный цвет полученного изображения относят за счет тонирования.

Это правило не распространяется на растворы, которые при вирировании ослабляют или усиливают изображение. В первом случае правильно экспонированную фотобумагу необходимо несколько перепроявить, избегая появления вуали на изображении. Во втором — немного недопроявить, но без потери деталей у изображения. Когда к этому следует прибегать, указывается в тексте.

2. *Отсутствие малейшей вуали любого вида на изображении*. Это требование вызывается тем, что наш глаз лучше различает градацию цветовых оттенков, чем ахроматических. Практика показывает, что вуаль почти незаметная в света́х черно-белого изображения, после вирирования резко бросается в глаза. Поэтому, если на фотоотпечатке имеется даже очень слабая вуаль, то ее надо снять ослабителем следующего состава:

ОСЛАБИТЕЛЬ ДЛЯ СНЯТИЯ ВУАЛИ

I.	Тиосульфат натрия	20 *г*
	Вода	до 300 *мл*
II.	Красная кровяная соль . .	1 *г*
	Вода	до 100 *мл*

Перед употреблением растворы смешивают. Вуаль удаляют не более 2—3 *мин*, иначе начнет ослабляться изображение. Затем фотоотпечаток тщательно промывают.

3. *Полное фиксирование и достаточная промывка*, после которых остается в фотоотпечатке минимальное количество остаточных солей.

Недостаточное фиксирование и промывка вызывают при тонировании пятна на изображении. Поэтому фотоотпечатки, предназначаемые для тонирования, надо закреплять двухрастворным способом, а полноту промывки проверять контрольным раствором, как это было описано на стр. 302 и 310.

63. ТОНИРОВАНИЕ В КОРИЧНЕВЫЙ ЦВЕТ

Производится различными соединениями серы прямым и косвенным способами, в результате чего изображение на фотоотпечатке становится коричневым — от очень темного до светло-шоколадного оттенка.

При прямом способе сера, выделяющаяся из тиосульфата натрия под действием какого-либо вещества, вступает во взаимодействие с металлическим серебром изображения, превращая его в сернистое серебро — соединение коричневого цвета. При косвенном способе серебро изображения сначала отбеливается, а затем превращается в сернистое серебро под действием солей сероводорода, преимущественно сернистого натрия.

Необходимо заметить, что в обоих способах на оттенок цвета очень сильно влияет зернистость металлического серебра, составляющего изображение. Крупные частицы серебра дают глубокие коричневые тона, а мелкие — рыжие тона. Поэтому тонировать сернистыми соединениями рекомендуется только бромосеребряные и хлорбромосеребряные фотобумаги, так как их светочувствительный слой состоит из относительно крупных микрокристаллов галогенида серебра и, следовательно, на них структура проявленного изображения будет более грубозернистой.

Наиболее приятные тона при сернистом тонировании дают фотоотпечатки на фотобумаге «Унибром», «Ново-

бром», «Фотобром». На фотобумагах «Бромпортрет» и «Контабром» цвет изображения имеет холодный оттенок. Фотоотпечатки на фотобумаге «Фотоконт» тонировать этим способом не рекомендуется из-за образующегося на них рыжего тона. Фотоотпечатки на фотобумагах «Йодоконт» и «Самовирирующаяся» осернением не тонируют.

На оттенок тона сильно влияет величина выдержки: нормальная выдержка способствует получению чистых и теплых тонов, передержка дает желтовато-коричневые или красно-коричневые тона, недодержка — шоколадно-коричневый тон. Следует заметить, что даже разные номера эмульсий одного и того же сорта фотобумаги могут давать различные оттенки тона изображения.

Прямые способы. Тонирование соединениями серы заключается в том, что металлическое серебро изображения под действием серы, находящейся в коллоидальном состоянии, превращается в сернистое серебро, которое имеет окраску от светло-рыжих до темно-коричневых тонов, благодаря чему изображение, тонированное серой, и приобретает соответствующий тон. Отличительной особенностью прямого способа тонирования серой является его медленное действие, поэтому для ускорения процесса окрашивание производят обычно в горячих растворах. Однако имеются способы вирирования и в растворах комнатной температуры.

Тонирование осернением в горячем растворе. Это старейший способ окрашивания раствором тиосульфата натрия с алюмокалиевыми квасцами. В этом вираже фотоотпечаток на бромосеребряной фотобумаге сначала принимает коричневый оттенок, а потом становится темно-коричневым.

ТОНИРУЮЩИЙ РАСТВОР

Тиосульфат натрия	**120** *г*
Алюмокалиевые квасцы	**30** *г*
Хлористый натрий (10%-ный раствор)	**10** *мл*
Вода	**до 1** *л*

В воде, нагретой до 70°, растворяют тиосульфат натрия, а затем небольшими дозами вводят в раствор алюмокалиевые квасцы. В результате их взаимодействия с тиосульфатом натрия выпадает сера, отчего раствор становится молочного цвета и пенится. Затем в вираж добавляют раствор хлористого натрия и, наконец, раствор азотнокислого серебра концентрации 1 : 10 в количестве 10 *мл*, без кото-

рого тонирование протекает неудовлетворительно. Если азотнокислого серебра нет, то в вираж надо поместить на несколько дней 8 ненужных фотоотпечатков размером 13×18 *см*.

При хранении виража сера оседает на дно склянки, поэтому перед употреблением раствор энергично взбалтывают до получения однородной консистенции.

Фотоотпечаток, предназначенный для тонирования, после основательной промывки дубят 10 *мин* в растворе:

Алюмокалиевые квасцы	10 *г*
Вода	до 100 *мл*

Предварительное дубление необходимо, потому что фотоотпечаток для тонирования опускают в раствор, подогретый до 65°. Без дубления желатина эмульсионного слоя расплавится и изображение на фотоотпечатке исчезнет.

Температура тонирующего раствора 65° и должна быть равномерной, так как более нагретые части фотоотпечатка будут окрашиваться быстрее, чем менее нагретые, что приведет к неравномерной окраске изображения. Поэтому раствор необходимо нагревать не непосредственно на огне, а на водяной бане. При тонировании фотоотпечатки должны лежать изображением вниз и быть покрыты раствором. Их надо часто перекладывать — иначе образуются пятна.

Окрашивание начинается со светлых тонов, затем распространяется на промежуточные тона и, наконец, на тени. Таким образом, конец процесса определяют по окраске теней. Обычно он протекает 12—25 *мин*.

Когда окрашивание завершено, фотоотпечаток вынимают из раствора и охлаждают на воздухе до комнатной температуры. После чего переносят в воду для промывки. Иначе из-за резкой перемены температуры на нем могут образоваться пузыри или ретикуляция. Если охлаждение фотоотпечатка не устраняет образование этих дефектов, то перед промывкой его дополнительно дубят в 3%-ном растворе алюмокалиевых квасцов. Затем фотоотпечаток промывают обычным способом. Осадок серы с поверхности мокрого фотоотпечатка снимают тампоном (из ваты), смоченным водой.

У сильно проявленных фотоотпечатков на бромосеребряной фотобумаге изображение имеет окраску чистой сепии. Преждевременным прекращением вирирования можно получить на фотоотпечатке двойные тона: темно-коричневые — в тенях, цвета сепии — в промежуточных тонах, в света́х — чисто белый тон.

При продолжительном пользовании раствором в нем повышается концентрация серебра, отчего тонирование начинает протекать неудовлетворительно. В этом случае вираж освежают, добавляя в него свежую порцию тонирующего раствора.

Тонирование осернением в холодном растворе. Для тонирования этим способом фотоотпечаток после фиксирования в 20%-ном растворе тиосульфата натрия переносят без ополаскивания в воде на 30—40 *мин* в 1,5%-ный раствор соляной или серной кислоты с температурой 15—17°. В результате взаимодействия между кислотой и тиосульфатом натрия в эмульсионном слое выделится сера в количестве, достаточном для окисления при последующей промывке металлического серебра в сернистое. Промывку продолжают до тех пор, пока тени не примут нужного тона. Это происходит примерно через 1,5 часа. Если серы выделится недостаточно, то тени на фотоотпечатке будут черного или темно-серого цвета, а полутона — коричневого.

Недостатком этого способа является продолжительность промывки, сократить которую можно следующим приемом: фотоотпечаток проявляют более сильно, чем для обычного прямого тонирования, фиксируют в вышеуказанном растворе тиосульфата натрия и после быстрого споласкивания в воде переносят на 5—10 *мин* в 1—1,5%-ный раствор соляной или серной кислоты. Потом отпечаток снова быстро споласкивают в воде и кладут в 0,5—1%-ный раствор красной кровяной соли, в котором вирирование в коричневый тон заканчивается за 1—2 *мин*. Затем окончательно промывают.

Все прямые способы тонирования осернением имеют то преимущество, что окрашивание может быть прервано в любой момент.

Непрямые способы. Эти способы тонирования осернением основаны на предварительном отбеливании серебра изображения и последующем его окрашивании серосодержащими соединениями. В качестве отбеливающих растворов употребляют отбеливатели с красной кровяной солью (железосинеродистым калием) и с марганцевокислым калием. Чаще употребляется первый раствор, как более стойкий.

Непрямые способы тонирования сернистыми соединениями позволяют получать различные тона изображения — от желтого до темно-коричневого. Затем эти способы отличаются от прямого быстротой процесса окраши-

вания. Все требования к качеству черно-белого фотоотпечатка, изложенные выше, полностью относятся и к непрямым методам. Дополнительным требованием является тщательная его промывка. Если она была недостаточной, то оставшийся после фиксирования тиосульфат натрия даст с красной кровяной солью ослабитель, вследствие чего исчезнут тонкие детали изображения.

Высохшие фотоотпечатки перед отбеливанием предварительно размачивают в воде 8—10 *мин*. Иначе отбеливание может быть неравномерным. Это замечание относится ко всем типам отбеливателей.

Отбеливающие растворы. Существует значительное количество отбеливающих растворов для сернистого вирирования, из которых некоторые имеют сложный состав, не вызываемый требованием химии процесса отбеливания. Мы приведем рецепт, наиболее доступный для фотолюбителей,— это отбеливатель с красной кровяной солью и бромистым калием. Этот раствор даже при сильной концентрации не оказывает ослабляющего действия на изображение и очень прочен. Его можно использовать повторно. В результате отбеливания образуется железистосинеродистое серебро.

ОТБЕЛИВАТЕЛЬ С КРАСНОЙ КРОВЯНОЙ СОЛЬЮ

Красная кровяная соль	**30 *г***
Бромистый калий	**10 *г***
Вода	**до 1 *л***

Добавление в отбеливатель 10 *мл* 25%-ного аммиака даст более темные тона. Если аммиак имеет меньшую концентрацию, то его вводят в раствор соответственно больше. Аммиак можно заменить 20 *г* безводного углекислого натрия.

В растворе фотоотпечаток отбеливают до полного исчезновения изображения, что происходит через 2—3 *мин*. Отбеленный фотоотпечаток промывают в воде до исчезновения желтой окраски эмульсионного слоя, затем тонируют.

Плохо промытые фотоотпечатки дают нечистые тона или покрываются пятнами. В 1 *л* раствора можно отбелить 10 000 *см*^{2} фотоотпечатков.

При отсутствии красной кровяной соли в качестве отбеливающего раствора можно использовать раствор марганцевокислого калия.

ОТБЕЛИВАТЕЛЬ С МАРГАНЦЕВОКИСЛЫМ КАЛИЕМ

I.	Марганцевокислый калий	1 *г*
	Вода	до 500 *мл*
II.	Хлористый натрий	25 *г*
	Серная кислота концентрированная	5 *мл*
	Вода	до 500 *мл*

Примечания. 1. Как обращаться с серной кислотой, см. стр. 16. 2. Ее можно заменить аккумуляторной кислотой.

Оба типа раствора стойкие, но в смеси быстро разлагаются. Поэтому их смешивают в равных объемах непосредственно перед употреблением. Процесс окисления серебра изображения в галогенид серебра происходит быстро. Во время отбеливания подложка и эмульсионный слой фотоотпечатка окрашиваются в коричневый цвет благодаря образованию двуокиси марганца, которая исчезает бесследно при последующем тонировании сернистым натрием. Кроме того, осветлить фотоотпечаток можно обработкой в 4%-ном растворе метабисульфита калия. По мере использования отбеливатель действует медленнее. Его следует заменить свежим после отбеливания 4000 *см*^{2} фотоотпечатков в 250 *мл* раствора.

Тонирование изображения производят различными серосодержащими солями, превращающими галогенид серебра или железистосинеродистое серебро в сернистое серебро коричневого цвета. Чаще всего для этой цели используют сернистый натрий (сульфид натрия), реже сернистый барий, серную печень и соль Шлиппе. Первые дают с железистосинеродистым серебром коричневое изображение холодного оттенка, соль Шлиппе — теплого.

Наиболее доступен сернистый натрий. Рекомендуется пользоваться его препаратом «Чистый для анализа». Если его нет, то можно применять технический продукт. Но его необходимо предварительно прокипятить в открытом сосуде. При этом образуется черный осадок, который отфильтровывают через вату. Технический сернистый натрий часто содержит в качестве примеси много железа. В этом случае цвет изображения на фотоотпечатке становится зеленоватым. Таким сернистым натрием пользоваться не следует. Если кристаллы сернистого натрия стали влажными,— значит, началось разложение соли, в результате которого образуется тиосульфат натрия и едкий натр, что понижает действие сернистого натрия и портит изображение.

Концентрированный раствор сернистого натрия (1 : 5) сохраняется лучше, чем соль. Хранить его надо в склянке коричневого стекла в темном месте, так как на свету водный раствор соли разлагается на серу и тиосульфат натрия. Сернистый натрий ядовит.

ТОНИРУЮЩИЙ РАСТВОР № 1

Сернистый натрий кристаллический . .	5 *г*
Вода	до 1 *л*

Продолжительность тонирования 1—2 *мин.* Затем промывка и сушка. Если фотобумага склонна к образованию пузырей, то перед тонированием фотоотпечатки предварительно дубят в 2%-ном растворе формалина. После тонирования позитив тщательно промывают 15—20 *мин* в проточной воде.

В 1 *л* тонирующего раствора окрашивают 10 000 *см*² фотоотпечатков.

Сернистый натрий можно заменить таким же количеством сернистого аммония или 4 *г* сернистого бария. Однако последний дает значительно худшие результаты, чем сернистый натрий.

Если в качестве вирирующего вещества берут соль Шлиппе, то тонирование производят в растворе № 2.

ТОНИРУЮЩИЙ РАСТВОР № 2

Соль Шлиппе	1 *г*
Углекислый натрий безводный	4 *г*
Бромистый калий	1,5 *г*
Вода	до 1 *л*

Все способы косвенного сернистого тонирования обладают тем неприятным свойством, что *выделяют плохо пахнущий сероводород.* Если окрашивание производить *тиомочевиной* (тиокарбамидом), то процесс протекает *без запаха.* В этом основное преимущество данного способа. Недостатком его является невозможность получения глубоких темнокоричневых тонов.

Тонирование тиокарбамидом производят после предварительного отбеливания фотоотпечатка. Для этой цели наиболее подходит отбеливатель с красной кровяной солью, но с обязательным добавлением в него 20 *г* безводного углекислого натрия. После отбеливания фотоотпечаток помещают в 2%-ный раствор уксусной кислоты и тщательно промывают. Тонируют в растворе № 3.

ТОНИРУЮЩИЙ РАСТВОР № 3

Тиокарбамид	5 *г*
Калий бромистый	40 *г*
Едкий натр	15 *г*
Вода	до 1 *л*

Температура раствора 18—25°. Процесс окрашивания заканчивается через 1—1,5 *мин*. В 1 *л* виража можно обработать 10 000 *см*² фотоотпечатков. После тонирования следует промыка и сушка.

В тех случаях, когда сернистое тонирование дало неудовлетворительный результат, фотоотпечаток кладут в 10%-ный раствор двухромовокислого калия, сильно подкисленный соляной кислотой, и оставляют отпечаток в нем до полного отбеливания. Отбеленное изображение хорошо промывают и вновь проявляют проявителем № 1. Затем после промывки тонируют другим раствором. Следует заметить, что этот способ не всегда дает положительный результат.

Тонирование селеном. Тонирование селеном придает особенно приятные оттенки коричневого цвета фотоотпечаткам на хлоросеребряной фотобумаге.

ТОНИРУЮЩИЙ РАСТВОР

Сульфит натрия безводный	50 *г*
Селен в порошке	7 *г*
Вода	до 1 *л*

Сульфит натрия растворяют в горячей воде (50°), затем постепенно добавляют селен. Раствор нагревают до 70°, пока селен полностью не растворится. Для тонирования вираж разбавляют водой 1 : 10. Процесс окрашивания длится 2—3 *мин*. После чего следует промывка в воде 30 *мин*.

64. ТОНИРОВАНИЕ В СИНИЙ ЦВЕТ

Окрашивание изображения в синий цвет различных оттенков производят прямым и косвенным способами. При тонировании образуется *берлинская лазурь* (вещество синего цвета) в результате реакции одной из солей железа: хлорного железа, аммиачного лимоннокислого железа, железоаммиачных квасцов или красной кровяной соли (железистосинеродистого калия) с серебром изображения. Однако в таком простом виде вираж не работает.

Во-первых, в него должна быть введена кислота, так как тонирование происходит только в кислой среде. Из кислот наиболее употребительны соляная и уксусная. Причем в тонирующих растворах с железоаммиачными квасцами и хлорным железом применяется только первая, а с аммиачным лимоннокислым железом — любая из них.

Во-вторых, добавлены вещества, способствующие более легкому отмыванию светóв при промывке и обеспечивающие бóльшую устойчивость работы раствора. Такими веществами являются лимоннокислый калий, бромистый калий, алюмокалиевые квасцы и ряд других.

Вещества, входящие в состав тонирующего раствора, надо растворить в воде, температура которой 18—20°, так как при более высокой температуре из раствора начинает выделяться берлинская лазурь и вираж теряет способность окрашивать изображение.

Берлинская лазурь светочувствительна, поэтому фотоотпечатки, тонированные в синий цвет, выцветают на прямом солнечном свету. Эта соль еще обесцвечивается и щелочью, поэтому тонированные фотоотпечатки нельзя купать в растворах соды или поташа, а также наклеивать на паспарту щелочным клеем.

Рабочие растворы этих виражей сохраняются плохо. Поэтому их приходится приготовлять каждый раз заново.

Основное требование для получения хорошей окраски: фиксирование в двух растворах и тщательная промывка до максимального сокращения содержания тиосульфата натрия и комплексных солей серебра и натрия в эмульсионном слое и подложке фотоотпечатка.

Перед тонированием сухие фотоотпечатки обязательно размачивают в воде около 10 *мин.*

Прямой способ. Фотоотпечатки, предназначенные для тонирования, должны быть слегка недопроявлены, так как он несколько усиливает изображение. Рекомендуются следующие виражи, которые получают, смешивая запасные растворы.

Запасные растворы

I.	**Красная кровяная соль . . . .**	**5 *г***
	Вода	**до 500 *мл***
II.	**Аммиачное лимоннокислое железо . . . .**	**5 *г***
	Вода	**до 500 *мл***
III.	**Железоаммиачные квасцы . . .**	**7,5 *г***
	Вода	**до 500 *мл***

Из запасных растворов составляют два равноценных тонирующих раствора.

ТОНИРУЮЩИЙ РАСТВОР № 1

I запасной раствор	**100** *мл*
Уксусная кислота ледяная	**20** *мл*
II запасной раствор	**100** *мл*

ТОНИРУЮЩИЙ РАСТВОР № 2

I запасной раствор	**100** *мл*
Соляная кислота 10%-ная	**10** *мл*
III запасной раствор	**100** *мл*

Рабочие растворы должны быть прозрачными и не давать осадка. Тонирование происходит за 1—2 *мин*. Более длительное тонирование придает изображению интенсивно синий цвет. Промывка 10—15 *мин*. Если света не отмоются за это время, то фотоотпечатки кладут на несколько минут в раствор аммиака концентрацией 1 : 60. В 200 *мл* каждого тонирующего раствора можно оттонировать 4000 *см*² фотоотпечатков.

Косвенный способ. Тонирование солями железа с предшествующим отбеливанием позволяет получать фотоотпечатки, окрашенные в цвета от голубого до темно-синего. Чем короче отбеливание, тем более голубым получится цвет изображения.

Очень хорошие результаты дает следующий вираж, причем фотоотпечатки должны быть слегка недопроявленными, так как тонирование несколько усиливает изображение.

ОТБЕЛИВАЮЩИЙ РАСТВОР

Красная кровяная соль	**5** *г*
Аммиак (10%-ный раствор)	**20** *мл*
Вода	**до 200** *мл*

ТОНИРУЮЩИЙ РАСТВОР

Железоаммиачные квасцы	**4** *г*
Бромистый калий	**2** *г*
Соляная кислота 10%-ная	**6** *мл*
Вода	**до 200** *мл*

Отбеливают 3—4 *мин*, после чего 15—20 *мин* промывают в проточной воде. Затем тонируют. Процесс заканчивается через 2—3 *мин*. Отмывка светов производится в про-

точной воде через 10—15 *мин*. Фотоотпечатки приобретают глубоко-синий тон с чистыми светами. В 200 *мл* раствора можно окрасить 4000 *см*² фотоотпечатков.

65. ТОНИРОВАНИЕ В ЖЕЛТЫЕ И ЗЕЛЕНЫЕ ЦВЕТА

Тонирование фотоотпечатков в желтые цвета производят солями свинца и кадмия, в зеленые — солями железа, хрома и кобальта. Все способы тонирования — косвенные, т. е. изображение сначала отбеливают, окисляя его серебро в железистосинеродистую свинцовосеребряную соль или железистосинеродистого кадмия и серебра. Первая соль при тонировании двухромовокислым калием дает хромовокислый свинец — вещество ярко-желтого цвета, а при одновременном действии с ним железоаммиачных квасцов — еще и ярко-синюю берлинскую лазурь. В результате сочетания синего цвета с желтым фотоотпечаток становится ярко-зеленым. Вторая соль — железистосинеродистый кадмий — при тонировании сернистым натрием дает лимонно-желтый сернистый кадмий.

Желтый цвет. Фотоотпечаток, предназначенный для тонирования в желтый цвет, недопроявляют, так как вираж усиливает изображение. Особое внимание надо обратить на отсутствие вуали. Поэтому перед тонированием рекомендуется фотоотпечатки обработать в ослабителе с красной кровяной солью (см. стр. 323).

ОТБЕЛИВАЮЩИЙ РАСТВОР

Азотнокислый свинец	**3 *г***
Красная кровяная соль	**2 *г***
Уксусная кислота ледяная	**5 *мл***
Вода	**до 200 *мл***

ТОНИРУЮЩИЙ РАСТВОР

Двухромовокислый калий	**1 *г***
Вода	**до 200 *мл***
Аммиак 10%-ный	**до перехода цвета раствора в светло-желтый**

Аммиак прибавляют по каплям, отчего оранжевая окраска раствора постепенно переходит в светло-желтую. После чего тонирующий раствор становится пригодным для работы.

Отбеливание фотоотпечатка ведут до полного исчезновения изображения. Затем его основательно промывают в проточной воде и переносят на несколько минут в тонирующий раствор.

Недостатком способа является сильное окрашивание светóв. Окраску устраняют купанием фотоотпечатка 5—7 *мин* в 1%-ном растворе тиосульфата натрия. Если этот раствор ее не удалит, то фотоотпечаток дополнительно погружают в 0,5%-ный раствор едкой щелочи до осветления светов. За ходом осветления легко следить. После чего следует окончательная промывка в проточной воде в течение 10—15 *мин*.

Лимонно-желтый цвет изображения получают, тонируя солями кадмия. Этот способ хорошо сохраняет градацию черно-белого фотоотпечатка.

ОТБЕЛИВАЮЩИЙ РАСТВОР

I.	Азотнокислый кадмий или хлористый кадмий	15 *г*
	Вода	до 500 *мл*
II.	Лимоннокислый калий	150 *г*
	Формалин 10%-ный	20 *мл*
	Вода	до 500 *мл*

ТОНИРУЮЩИЙ РАСТВОР

Сернистый натрий	25 *г*
Вода	до 500 *мл*

Непосредственно перед употреблением запасные отбеливающие растворы смешивают в равных объемах, причем I раствор постепенно вливают при помешивании во II раствор. Иногда при этом образуется студенистый осадок. Он легко растворяется, если жидкость подогреть до 40°. После чего на каждые 100 *мл* смеси добавляют по 7 *мл* 15%-ного раствора красной кровяной соли.

Продолжительность отбеливания 12 *мин*. После чего фотоотпечаток споласкивают в воде и кладут обратно в отбеливающий раствор, в который на каждые 100 *мл* предварительно добавляют 15 *мл* 10%-ного раствора тиосульфата натрия. В этом растворе он находится 3 *мин*. Затем фотоотпечаток вынимают из раствора, споласкивают в воде и переносят на одну минуту в 2%-ный раствор тиосульфата натрия. После чего промывают 20—30 *мин* в воде.

Назначение трех последних операций — растворение железистосинеродистого серебра. Если оно не удалено из

фотоотпечатка, то при вирировании вместо лимонно-желтого изображения образуется коричневое.

После промывки производят тонирование в течение трех минут. Затем промывают до полного исчезновения запаха тухлых яиц.

Зеленый цвет. Для получения ярко-зеленого изображения немного недопроявленный фотоотпечаток обрабатывают в вираже, который усиливает изображение.

ОТБЕЛИВАЮЩИЙ РАСТВОР

Азотнокислый свинец	8,5 *г*
Красная кровяная соль	5 *г*
Азотная кислота 10%-ная	5 *мл*
Вода	до 500 *мл*

ТОНИРУЮЩИЙ РАСТВОР

Железоаммиачные квасцы	5 *г*
Двухромовокислый калий	2,5 *г*
Бромистый калий	2,5 *г*
Вода	до 500 *мл*

Растворы непосредственно годны для употребления. Процесс отбеливания заканчивают через 4—5 *мин.* Затем фотоотпечаток промывают до полного исчезновения окраски и тонируют 3 *мин.* После чего следует 5-минутная промывка и устранение желтого налета на изображении 5%-ным раствором азотной кислоты. Налет исчезает через несколько минут, и фотоотпечаток становится ярко-зеленым с чистыми света́ми.

Салатно-зеленый цвет. Изображение такого цвета получают, обрабатывая в вираже слегка переэкспонированный и сильно проявленный фотоотпечаток, но без вуали. Это требование вызвано тем, что в процессе тонирования происходит ослабление плотностей изображения.

ОТБЕЛИВАЮЩИЙ РАСТВОР

Красная кровяная соль	35 *г*
Азотнокислый свинец	22,5 *г*
Вода	до 500 *мл*

ТОНИРУЮЩИЙ РАСТВОР

Двуххлористый кобальт	10 *г*
Соляная кислота 10%-ная	50 *мл*
Вода	до 500 *мл*

Фотоотпечаток отбеливают до полного исчезновения изображения и особо тщательно промывают, так как пло-

хая промывка вызывает при вирировании окрашивание светов. Вирируют 2—3 *мин.* Далее следует окончательная промывка.

66. ТОНИРОВАНИЕ В КРАСНЫЕ ЦВЕТА

Тонирование фотоотпечатков в красный цвет различных оттенков производят солями меди и никеля, из которых обычно применяют сернокислую медь и хлористый или азотнокислый никель. Окрашивание изображения солями меди происходит из-за образования железистосинеродистой меди — вещества красноватого цвета — в результате реакций между серебром, красной кровяной солью и сернокислой медью.

Когда для этой цели используют хлористый или азотнокислый никель, изображение окрашивается в красно-вишневый цвет из-за образования диметилглиоксима никеля — вещества красного цвета.

Для стабилизации работы виражей и ускорения процесса тонирования в них вводят соли лимонной, винной кислот или углекислую щелочь — чаще всего углекислый калий и аммоний.

Красно-фиолетовый цвет. Фотоотпечаток, предназначенный для тонирования в такой цвет, должен иметь сочное изображение с несколько повышенным контрастом, так как вираж немного его снижает. Тонирование производят в вираже.

Щавелевокислый калий	**10** *г*
Сернокислая медь	**1** *г*
Красная кровяная соль	**1** *г*
Углекислый калий	**1** *г*
Вода	**до 200** *мл*

При растворении веществ может образоваться небольшой осадок, который немедленно растворяется от прибавления в раствор нескольких капель аммиака. Окраска раствора должна быть сине-зеленой.

Щавелевокислый калий можно заменить таким же количеством щавелевокислого аммония или натрия.

Процесс тонирования заканчивается за 7—15 *мин.* В 200 *мл* виража обрабатывают не свыше 3000 *см*^{2} фотоотпечатков, причем первые фотоотпечатки окрашиваются скорее, чем последующие. После тонирования следует промывка в проточной воде, которая заканчивается через

15—20 *мин.* За это время свет́а должны отмыться полностью.

Темно-красный цвет. Для его получения фотоотпечатки тонируются в вираже, составленном из запасных растворов. Фотоотпечатки должны быть нормально экспонированы и проявлены.

Запасные растворы

I.	Сернокислая медь	1,3 *г*
	Лимоннокислый калий	5,5 *г*
	Вода	до 200 *мл*
II.	Красная кровяная соль	2 *г*
	Лимоннокислый калий	5,5 *г*
	Вода	до 200 *мл*

Перед употреблением оба раствора смешивают в равных частях. Тонирование происходит за 3—5 *мин*, причем изображение принимает светло-красный цвет с кирпичным оттенком. Эту окраску можно углубить до темно-красной. Для чего тонированный фотоотпечаток промывают в проточной воде 10—15 *мин* и погружают в раствор:

Медь сернокислая	10 *г*
Хлористый натрий	4 *г*
Соляная кислота 10%-ная	2 *мл*
Вода	до 200 *мл*

Окрашенные фотоотпечатки споласкивают в воде и погружают на несколько минут в 1%-ный раствор тиосульфата натрия. Затем следует окончательная промывка до очищения свет́ов от окраски, что обычно происходит за 10—15 *мин.*

Красно-вишневый цвет. Этот цвет получают, когда фотоотпечаток обрабатывают в вираже, приведенном ниже. Он должен быть нормально экспонирован и проявлен. При желании получить более интенсивный оттенок цвета изображения фотоотпечаток для увеличения его контраста надо немного перепроявить.

ОТБЕЛИВАЮЩИЙ РАСТВОР

I.	Лимоннокислый калий	40 *г*
	Вода	до 200 *мл*
II.	Хлористый никель	7 *г*
	Формалин 10%-ный	10 *мл*
	Вода	до 200 *мл*
III.	Красная кровяная соль	20 *г*
	Вода	до 200 *мл*

Отбеливающий раствор очень неустойчив, поэтому его составляют из запасных растворов непосредственно перед употреблением, беря их в следующей пропорции:

I запасной раствор	90 *мл*
II запасной раствор	90 *мл*
III запасной раствор	30 *мл*

Смешивать запасные растворы надо в указанном порядке. Отбеливание происходит за 1,5—2 *мин*, после чего следует промывка в проточной воде в продолжение 15—20 *мин*. В данном объеме отбеливающего раствора можно обработать 1000 *см*² фотоотпечатков.

После промывки отбеленный фотоотпечаток помещают на 2 *мин* в 2%-ный раствор тиосульфата натрия и вновь промывают 5 *мин*. Затем его тонируют несколько минут и окончательно промывают 5—8 *мин* в воде.

ТОНИРУЮЩИЙ РАСТВОР

Диметилглиоксим	3 *г*
Едкий натр	3 *г*
Вода	до 200 *мл*

Вследствие плохой растворимости диметилглиоксима сначала полностью растворяют едкий натр в 150 *мл* горячей воды (60—70°). Затем всыпают при помешивании диметилглиоксим. Когда он растворится, добавляют воду до 200 *мл* и охлаждают раствор до 20°.

Тонирующий раствор можно употреблять не более трех раз.

67. ТОНИРОВАНИЕ ПОВТОРНЫМ ПРОЯВЛЕНИЕМ

Неудовлетворительный цвет изображения фотоотпечатка, например холодно-серый, можно улучшить повторным проявлением после предварительного отбеливания. Этот процесс состоит из пяти операций: отбеливания, промывки, второго проявления, окончательной промывки и сушки.

Тонирование повторным проявлением позволяет получать изображения, окрашенные в различные теплые цвета. Их оттенки зависят от вида отбеливающего раствора, полноты отбеливания и состава проявителя. Повторное проявление не всегда обеспечивает получение изображения желаемого цвета, поэтому перед обработкой фотоотпечатка

надо сначала его цвет проверить пробой, окрашивая небольшой кусочек фотоотпечатка.

Изображение коричневого цвета. Для его получения проявленный фотоотпечаток отбеливают в одном из следующих отбеливателей.

ОТБЕЛИВАЮЩИЙ РАСТВОР № 1

Двухромовокислый калий	5 *г*
Соляная кислота 10%-ная	2 *мл*
Вода	до 200 *мл*

Фотоотпечаток отбеливают почти до полного исчезновения изображения, затем промывают до устранения желтизны в светах и вторично проявляют в проявителе № 1.

ТОНИРУЮЩИЙ ПРОЯВИТЕЛЬ № 1

Запасные растворы

I.	**Метабисульфит калия**	4 *г*
	Гидрохинон	7 *г*
	Бромистый калий	1 *г*
	Вода	до 200 *мл*
II.	**Углекислый аммоний**	20 *г*
	Вода	до 200 *мл*

Красновато-коричневым фотоотпечаток становится, если его вторично проявить в смеси равных объемов воды, I и II запасных растворов. Проявление идет медленно.

Темно-коричневым фотоотпечаток получается, если после отбеливания его проявить в смеси двух частей I запасного раствора с тремя частями II запасного раствора. Проявление идет быстро.

ОТБЕЛИВАЮЩИЙ РАСТВОР № 2

Красная кровяная соль	5 *г*
Аммиак 10%-ный	20 *мл*
Вода	до 200 *мл*

Фотоотпечаток отбеливают полностью или частично. Чем полнее он отбелен, тем его тон после вторичного проявления будет более красноватым. Затем следует промывка до исчезновения окраски.

Вторичное проявление ведут в тонирующем проявителе № 2.

ТОНИРУЮЩИЙ ПРОЯВИТЕЛЬ № 2

Метол	1 *г*
Гидрохинон	12 *г*
Сульфит натрия безводный	100 *г*
Углекислый калий	100 *г*
Бромистый калий	1 *г*
Вода	до 1 *л*

Перед употреблением раствор разбавляют водой в два раза и проявляют отбеленный фотоотпечаток.

На цвет изображения вторично проявленного фотоотпечатка влияет состав первого проявителя, в котором он был обработан, а именно:

Светло-коричневым до розово-кремового фотоотпечаток становится, если он был первый раз проявлен в *парааминофенолгидрохиноновом проявителе.*

Красновато-золотистым — при проявлении в первый раз *амидоловым проявителем.*

Тепло-черным — при проявлении в первый раз *метолгидрохиноновым проявителем.*

После проявления фотоотпечаток тщательно промывают и сушат.

Изображение синевато-черного цвета. Для его получения фотоотпечаток отбеливают в растворе:

ОТБЕЛИВАЮЩИЙ РАСТВОР № 3

Сернокислая медь	10 *г*
Хлористый натрий	10 *г*
Соляная кислота 10%-ная	10 *мл*
Вода	до 200 *мл*

Процесс отбеливания — до исчезновения изображения. Затем тщательная промывка и проявление в проявителе № 3.

ТОНИРУЮЩИЙ ПРОЯВИТЕЛЬ № 3

Метол	10 *г*
Сульфит натрия безводный	15 *г*
Натрий углекислый кристаллический	50 *г*
Вода	до 1 *л*

После проявления — промывка и сушка.

68. ВИРИРОВАНИЕ ФОТООТПЕЧАТКОВ НА АРИСТОТИПНОЙ ФОТОБУМАГЕ

Вирирование фотоотпечатков на аристотипной фотобумаге производят в вираж-фиксаже — растворе, в котором одновременно происходит закрепление и окрашивание. В процессе обработки, особенно если температура раствора выше 18°, вирирование протекает быстрее, чем закрепление. Поскольку окончание обработки определяется по получению желаемого оттенка, фотоотпечаток можно недофиксировать, отчего со временем он покроется пятнами. Чтобы этого избежать, после вирирования фотоотпечаток помещают в 15%-ный раствор тиосульфата натрия.

Продолжительность закрепления должна быть такой, чтобы в сумме весь процесс не превышал 15 *мин.*

ВИРАЖ-ФИКСАЖ

I. Азотнокислый (или уксуснокислый) свинец	50 *г*
Вода кипяченая	до 400 *мл*
II. Тиосульфат натрия	200 *г*
Вода кипяченая	600 *мл*

Первый раствор вливают во второй. После того как раствор отстоится в течение суток, его осторожно сливают с осадка. Вирирование продолжается 8—10 *мин.* Затем идет тщательная промывка в воде и сушка. В 1 *л* раствора можно обработать не более 6000 *см*² фотоотпечатков.

Подробно описаны дефекты, возникающие при печати и обработке фотобумаг. Указаны способы их предотвращения и устранения. Изложены элементы позитивной ретуши в объеме, необходимом для фотолюбителей. Даны краткие сведения о фотоклеях. Приведены правила наклейки фотоотпечатков на паспарту.

11. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ФОТООТПЕЧАТКОВ

69. УСТРАНЕНИЕ ДЕФЕКТОВ НА ФОТООТПЕЧАТКАХ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ

На фотоотпечатке дополнительной обработкой удаляют только те дефекты изображения, избежать которых при печати невозможно, так как они являются копией неустранимых дефектов негатива (см. главу 3).

Дефекты изображения, образовавшиеся из-за недодержки, передержки, недопроявления и перепроявления или вследствие неправильного подбора контрастности фотобумаги к интервалу плотностей негатива, дополнительной обработкой обычно не устраняют, а получают новый позитив, учитывая совершенную ошибку. Это вызывается тем, что улучшить изображение усилением или ослаблением не всегда возможно, и, кроме того, эти процессы отнимают больше времени, чем печать нового фотоснимка.

Наоборот, целесообразнее удалять химическим способом, чем делать другой фотоотпечаток, дефекты изо-

бражения, образовавшиеся из-за несоблюдения режима обработки: желтую окраску и пятна, небольшую серую вуаль, наиболее часто встречающиеся у фотолюбителей.

Незначительные черные и белые пятнышки, полосы и т. д. заделывают ретушью.

Ниже описываются самые распространенные дефекты, указываются причины, их вызывающие, способы устранения и предупреждения.

Нерезкость изображения или его отсутствие. Этот дефект чаще всего вызывается следующими причинами.

1. *Изображение на фотоотпечатке отсутствует или образовались только его следы.*

Изображение может не проявиться или быть весьма слабым, во-первых, из-за слишком короткой выдержки при печати; во-вторых, когда фотобумага при нормальной продолжительности экспонирования была обращена к негативу не светочувствительным слоем, а фотоподложкой, и, в-третьих, проявление велось в неправильно составленном или в очень истощенном проявителе. Наконец, если ошибочно проявляют неэкспонированную фотобумагу.

Рекомендация. В каждом случае определять причину дефекта и, устранив ее, напечатать новый фотоснимок.

2. *Общая или местная нерезкость изображения на фотоотпечатке при контактной печати.*

А. Нерезкость всего изображения вызывается двумя причинами: во-первых, негатив был положен в копировальный станок эмульсионным слоем вниз, а подложкой вверх; во-вторых, на правильно лежащий негатив фотобумага укладывалась не светочувствительным слоем, а подложкой. В первом случае фотоотпечаток получается при нормальной выдержке, во втором — очень длительной.

Рекомендация. Соблюдать правила, изложенные в § 54.

Б. Нерезкость части изображения вызывается плохим контактом светочувствительного слоя фотобумаги с эмульсионным слоем негатива. Нерезкость получается из-за неровной поверхности у стеклянного негатива или вследствие слабого прижима фотобумаги к негативу крышкой копировального станка.

Рекомендация. Отрегулировать прижим крышки копировального станка и вновь печатать.

3. *Общая или местная нерезкость всего изображения при проекционной печати.*

А. Нерезкость всего изображения при увеличении вызывается, во-первых, недостаточной рез-

костью негативного изображения, т. е. когда размытость границ его деталей превышает у крупноформатных негативов 0,1 *мм*, а у малоформатных — 0,03 *мм*; во-вторых, из-за неточной наводки на резкость при увеличении плотных негативов и, в-третьих, вследствие нарушения коррекции объектива фотоувеличителя от его нагрева при длительной работе. Наконец, нерезкость изображения вызывается вибрацией фотоувеличителя, которая возникает от сотрясения пола комнаты при ходьбе или от транспорта, проходящего рядом с домом.

Рекомендации. 1. Не делать увеличений с нерезкого негатива. 2. Когда негатив плотный или на нем нет отчетливо выраженных деталей, по которым легко точно фокусировать, то негатив заменяют другим — более прозрачным и с очень резким изображением или определителем резкости. Фокусирование лучше производить, рассматривая изображение на экране фотоувеличителя через лупу или с помощью прибора ПР-1, а при больших увеличениях пользоваться контрольной диафрагмой (см. «Фокусирование негативного изображения» в § 42). 3. Чтобы избежать нарушения коррекции объектива от перегрева мощной электролампой, не включать ее на длительный срок или делать перерывы в работе. 4. Нерезкость изображения от вибраций фотоувеличителя устраняют, устанавливая его на накаченную мотоциклетную камеру или на лист толстой губчатой резины.

Б. Нерезкость части увеличенного изображения вызывается плохим прижимом пленочного негатива в рамке-держателе или короблением негатива от нагрева источником света.

Рекомендации. 1. Пользоваться рамкой-держателем для пленочных негативов с двумя прижимными зеркальными стеклами. 2. Если в проекторе установлена мощная электролампа, то для его охлаждения делать перерывы во время работы.

Градационные недостатки изображения. Они возникают, во-первых, из-за несоответствия степени контрастности фотобумаги интервалу оптических плотностей негатива; во-вторых, вследствие переэкспонирования фотобумаги при печати; в-третьих, когда фотоотпечаток бывает перепроявлен или недопроявлен при правильной выдержке; в-четвертых, при псевдосоляризации и если печать выполнялась на старой завуалированной фотобумаге.

Ниже приведены типичные случаи градационных недостатков фотоотпечатков.

1. *Фотоотпечаток контрастный с глубоко-черными тенями и чисто белыми (меловыми) светами* (рис. 109).

Такое изображение получают, если печатают на фотобумаге со значительно большей контрастностью, чем требуется для данного интервала оптических плотностей

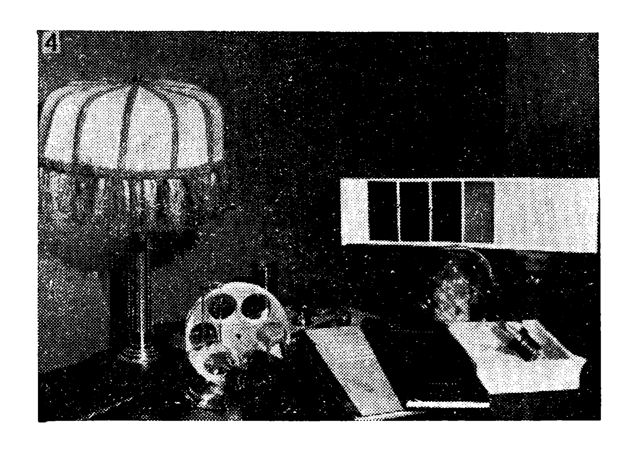


Рис. 109.
Фотоотпечаток контрастный

негатива. Выдержка и продолжительность проявления — нормальные.

Рекомендация. Последующие фотоотпечатки печатать на фотобумаге с меньшей степенью контрастности, соблюдая правила подбора фотобумаги к негативу, изложенные в § 34.

2. *Фотоотпечаток малоконтрастный с серыми тенями* и *чисто белыми или слегка завуалированными светáми, у которых детали имеются* (рис. 110).

Получение такого изображения вызвано печатью негатива с небольшим интервалом оптических плотностей на мягкой фотобумаге с небольшой передержкой. Выдержка и продолжительность проявления — нормальные.

Рекомендация. Другие фотоотпечатки печатать на более контрастной фотобумаге, соблюдая правила ее подбора к негативу, изложенные в § 34.

3. *Фотоотпечаток с темным сочным изображением с деталями в тенях и светах* (рис. 111).

Такое изображение образуется, когда допущена небольшая передержка фотобумаги, по контрастности соот-

ветствующей интервалу оптических плотностей негатива. Продолжительность проявления — нормальная.

Рекомендация. Последующие фотоснимки экспонировать правильно.

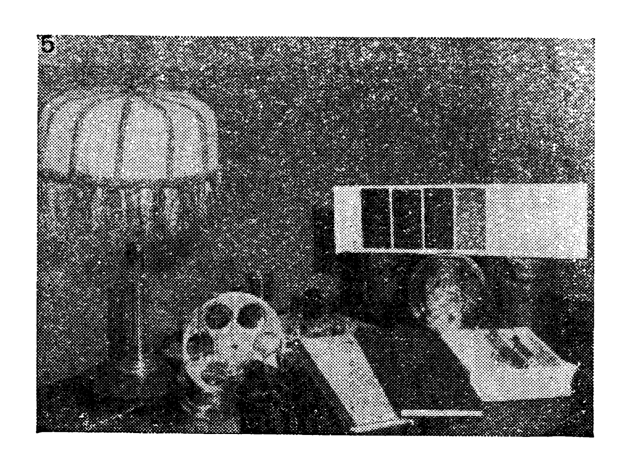


Рис. 110.
Фотоотпечаток малоконтрастный

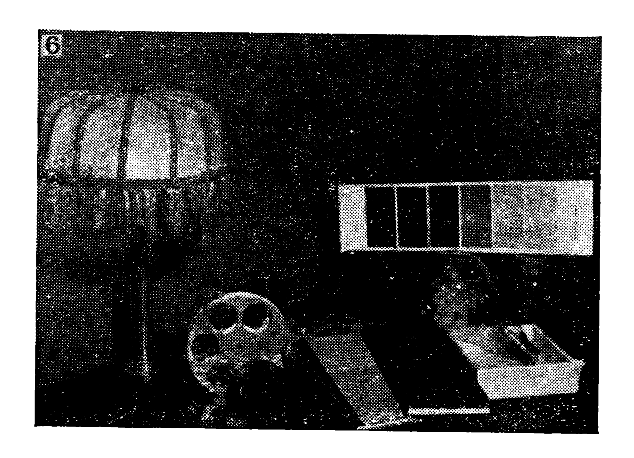


Рис. 111.
Фотоотпечаток темный сочный

4. Фотоотпечаток очень темный с контрастным изображением, у которого детали в тенях выражены слабо (рис. 112).

Причина — передержка при печати фотобумаги с контрастностью большей, чем необходимо для данного интервала оптических плотностей негатива. Продолжительность проявления — нормальная.

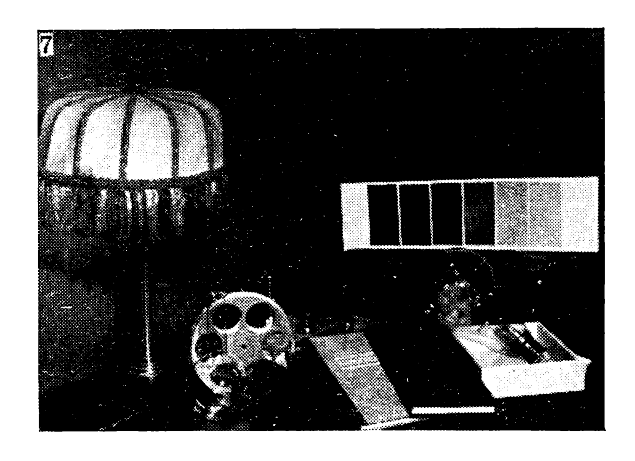


Рис. 112.
Фотоотпечаток темный контрастный

Рекомендация. Правильно экспонировать и применять фотобумагу, контрастность которой соответствует интервалу оптических плотностей негатива (см. § 34).

5. *Фотоотпечаток с темно-серым малоконтрастным изображением, у которого света завуалированы* (рис. 113).

Такое изображение получают из-за передержки при печати и использования мягкой фотобумаги, не соответствующей интервалу оптических плотностей негатива. Продолжительность проявления — нормальная.

Рекомендация. Правильно экспонировать и подбирать фотобумагу по указаниям, данным в § 34.

6. *Фотоотпечаток очень темный, с сильно завуалированными светами, деталей в тенях и светах мало* (рис. 114).

Причина — передержка при печати и перепроявление фотобумаги, правильно подобранной к негативу.

Рекомендация. Последующие фотоотпечатки нормально экспонировать и не перепроявлять.

7. *Фотоотпечаток светло-серый малоконтрастный, детали в светах отсутствуют или слабо выражены, в тенях имеются* (рис. 115).

Такое изображение получают из-за недодержки при

печати фотобумаги, правильно подобранной к интервалу оптических плотностей негатива. Продолжительность проявления — указанная в рецепте.

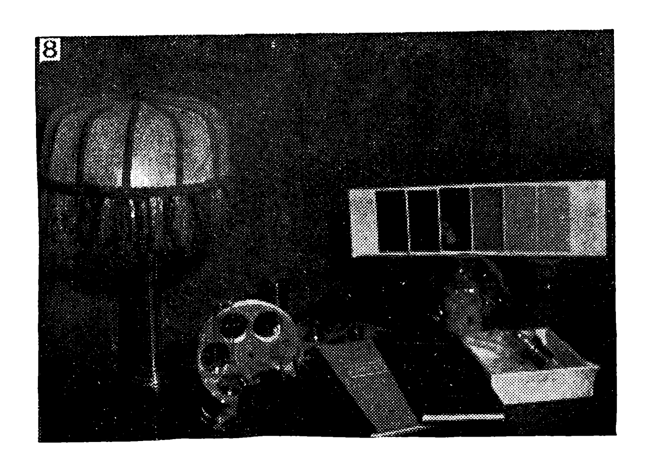


Рис. 113.
Фотоотпечаток темный малоконтрастный

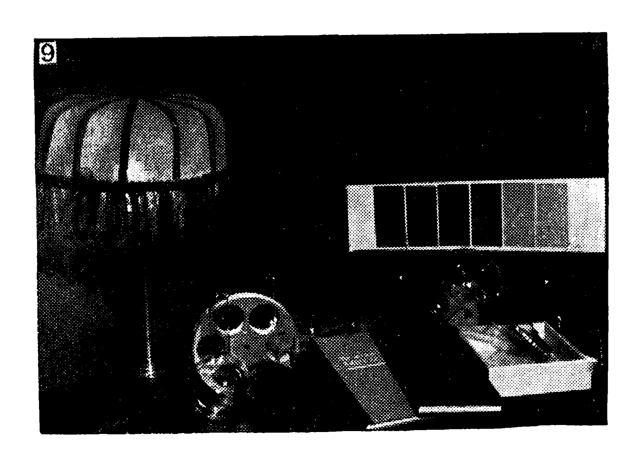


Рис. 114.
Завуалированный фотоотпечаток плотный

Рекомендация. При дальнейшей печати точно экспонировать.

8. *Фотоотпечаток контрастный и очень неровный по плотности, света совершенно без деталей, меловые, а тени удовлетворительно проработаны* (рис. 116).

Причины — использование фотобумаги, более контрастной, чем необходимо для негатива, и недодержка при печати. Продолжительность проявления — нормальная.

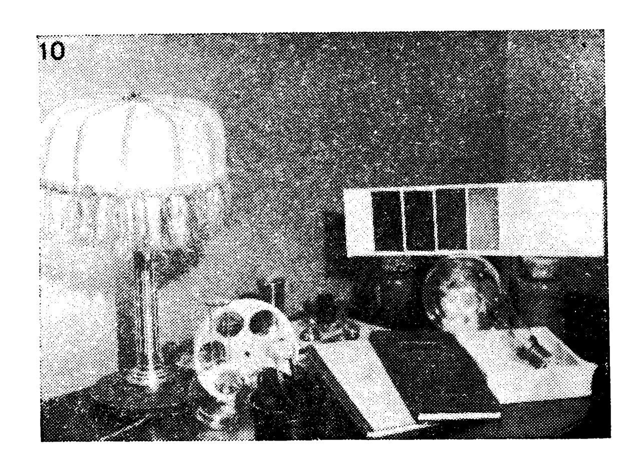


Рис. 115.
Фотоотпечаток малоконтрастный светлый

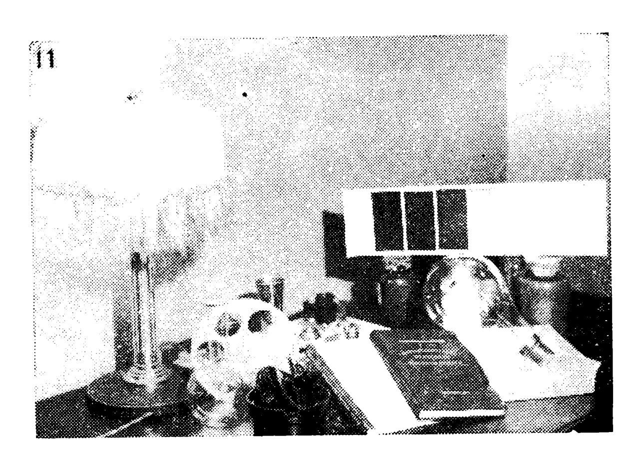


Рис. 116.
Фотоотпечаток с неровным по контрастности изображением

Рекомендация. Последующие фотоотпечатки нормально экспонировать и пользоваться фотобумагой, правильно подобранной к негативу (см. § 34).

9. *Фотоотпечаток малоконтрастный (вялый) со светло-серыми, как бы завуалированными светáми, лишенными*

деталей, и плотными тенями и полутенями, у которых детали слабо выявлены (рис. 117).

Такое изображение получают в результате недоэкспонирования фотобумаги, по контрастности слишком мягкой для негатива. Продолжительность проявления — нормальная.

Рекомендация. При печати нормально экспонировать фотобумагу, правильно подобрав ее к интервалу оптических плотностей негатива.

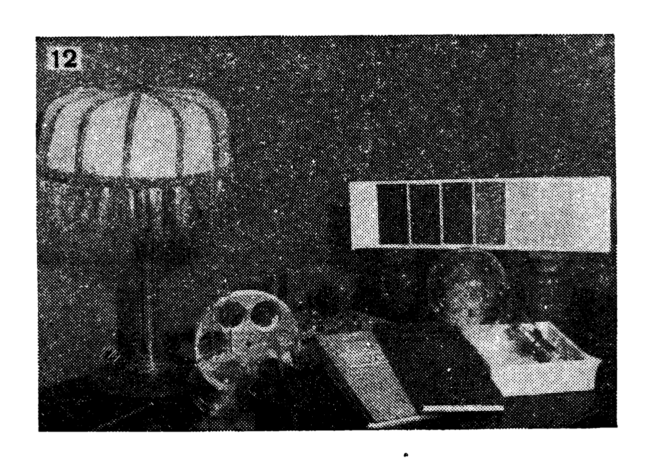


Рис. 117.
Фотоотпечаток вялый

10. *Фотоотпечаток очень темный малоконтрастный с завуалированными светáми и тенями, почти без деталей, полутона проработаны нормально и имеют детали* (см. рис. 107).

Причина —перепроявление фотобумаги, нормально экспонированной и правильно подобранной к негативу.

Рекомендация. Проявлять бромосеребряную фотобумагу 2 *мин*, а хлорбромосеребряную и хлоросеребряную — 1 *мин*.

11. *Фотоотпечаток малоконтрастный небольшой плотности, с чисто белыми (меловыми) светáми без деталей, в тенях и полутенях они имеются* (см. рис. 108).

Причина — недопроявление фотобумаги, нормально экспонированной и правильно подобранной к негативу.

Рекомендация. Проявлять бромосеребряные фотобумаги

2 *мин*, а хлоросеребряные и хлоробромосеребряные — 1 *мин*.

12. *Фотоотпечаток темно-серый, однотонно вялый с завуалированными светами, у которых иногда заметна зернистая структура* (рис. 118).

Такой позитив получают: а) когда во время проявления фотобумага освещалась актиничным светом из-за плохого качества светофильтра лабораторного фонаря, или когда он выгорел от длительного пользования, или был установ-

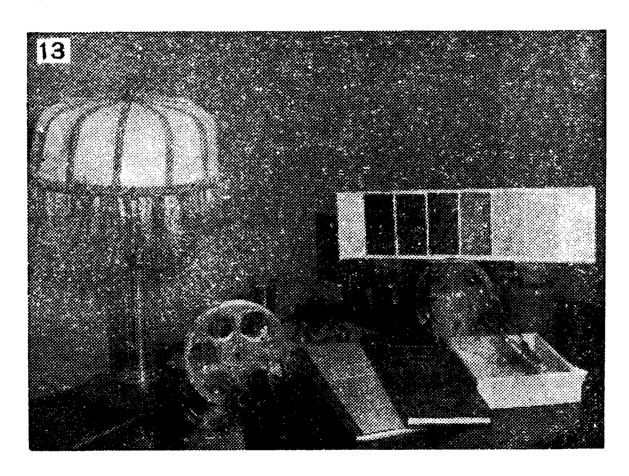


Рис. 118.
Фотоотпечаток завуалированный

лен очень близко к кювете, в которой велось проявление; б) при использовании фотобумаги с частично разложившимся светочувствительным слоем, что может произойти, когда фотобумага длительно хранилась, особенно при повышенной температуре и влажности, на свежих сосновых полках или в помещении, в которое проникал сернистый газ, сероводород, аммиак и т. д.; в) от проявления в очень энергичном или в слишком теплом проявителе, отчего частично восстановилось галогенное серебро, на которое свет не действовал при печати.

Исправление. 1. Вуаль, образовавшуюся от засветки лабораторным фонарем или от действия проявителя, удаляют ослабителем с красной кровяной солью. 2. Вуаль на старой фотобумаге, если она невелика, можно устранить проявлением в проявителе для завуалированных фотобумаг (стр. 299).

Предупреждения. 1. Проверить светофильтр лабораторного фонаря, как указано в § 2. 2. Устанавливать лабораторный фонарь не ближе 0,5 *м* от кюветы, в которой ведут проявление. 3. Хранить фотобумагу при нормальной комнатной температуре в хорошо вентилируемом помещении и подальше от химикатов.

13. *Позитивное изображение частично превратилось в негативное.*

Причиной такого дефекта является процесс обращения изображения из-за вторичной случайной засветки фотобумаги во время ее проявления. Это явление часто называют *псевдосоляризацией*.

Явление псевдосоляризации объясняется тем, что при втором освещении под уже частично образовавшимся позитивным изображением происходит печать негативного изображения, которое немедленно проявляется. Кроме того, этому явлению способствует десенсибилизация, т. е. уменьшение светочувствительности, неосвещенных микрокристаллов галогенида серебра, происходящая при проявлении.

Наибольшей псевдосоляризация бывает в местах со средней оптической плотностью. В участках с большим почернением и без почернения эффект выражается слабо или вовсе отсутствует. Обработка фотобумаги в теплом проявителе (23—25°) способствует процессу обращения.

Исправление. Невозможно.

Предотвращение. Избегать случайных засветок и проявлять при нормальной температуре раствора.

14. *Зернистость позитивного изображения.*

Причину образования и способы уменьшения см. в § 44.

15. *Затеки и пятна на фотоотпечатке, плотность которых иная, чем у изображения в целом.*

Причина появления — неравномерность проявления из-за неодновременного покрытия раствором всей поверхности фотобумаги при ее погружении в проявитель.

Исправление. Невозможно.

Предотвращение. См. «Правила проявления» (стр. 288).

Цветная окраска фотоотпечатков, сплошная или пятнами. Образуется непосредственно на различных стадиях позитивного процесса или через некоторое, иногда длительное время при хранении отпечатков. В первом случае окраска и пятна состоят из продуктов окисления проявляющих веществ; во втором — из сернистого серебра, образующегося в результате реакций между серебром

изображения и следами тиосульфата натрия в эмульсионном слое и подложке фотоотпечатка (см. § 58, 59).

1. *Желтая окраска фотоотпечатка или желтые пятна на нем.*

Дефект получается, во-первых, при долгом проявлении в старом проявителе или в проявителе с малым количеством сульфита натрия; во-вторых, от окисления воздухом проявителя, находящегося на поверхности фотоотпечатка, когда его часто вынимают из раствора для рассматривания; в-третьих, из-за недостаточного споласкивания фотоотпечатка в воде или стоп-растворе перед его погружением в закрепляющий раствор; в-четвертых, когда пользуются истощенным закрепителем, и, наконец, при слипании фотоотпечатков в закрепляющем растворе и во время промывки.

Исправление. Во всех случаях желтая окраска устраняется обработкой позитива в следующих растворах.

I.	**Марганцевокислый калий . . .**	**1** *г*
	Вода	**до 200** *мл*
II.	**Метабисульфат калия . . . . .**	**25** *г*
	Вода	**до 200** *мл*

Фотоотпечаток, вынутый из промывной воды, кладут на 7 *мин* в раствор марганцевокислого калия, а затем после короткого, но энергичного споласкивания погружают в осветляющий раствор метабисульфита калия. Кювету необходимо покачивать или перекладывать фотоотпечатки. После такой обработки пятна с фотоотпечатков исчезают, и они становятся чистыми — «осветленными». Особенную чистоту приобретают свéта. Этот процесс незначительно ослабляет плотности фотоотпечатка, что в большинстве случаев не портит изображения.

Когда пятна удалены не полностью, вторичное осветление фотоотпечатка производят только после тщательной промывки — иначе изображение почти исчезнет.

2. *Зеленоватая окраска изображения.*

Образуется при проявлении старым, долго работавшим проявителем, отчего в нем накопилось много бромистого калия.

Исправление. Вторичное проявление предварительно отбеленного фотоотпечатка (см. § 67).

3. *Грязно-фиолетовые пятна на фотоотпечатке.*

Образуются, если закрепление проводилось в малом объеме фиксажа, отчего фотоотпечатки слиплись.

Исправление. Невозможно.

Предотвращение. Проводить закрепление, как указано в § 58.

4. *Пурпурная окраска фотоотпечатка.*

Возникает от продолжения проявления в закрепителе, когда используется обыкновенный или истощенный фиксаж. Этот дефект чаще всего образуется на фотоотпечатке, прилипшем эмульсионным слоем к подложке другого снимка.

Исправление. Невозможно.

Предотвращение. Следить, чтобы фотоотпечатки не слипались.

5. *Синие точки и пятна на фотоотпечатке.*

Их появление вызывает промывка фотоотпечатков, предварительно обработанных в растворе красной кровяной соли, в воде, содержащей окислы железа. При их взаимодействии с красной кровяной солью образуется берлинская лазурь — вещество синего цвета.

Исправление. Удаляют купанием фотоотпечатка в 2—3%-ном растворе едкой щелочи с последующей промывкой.

6. *Красно-коричневые пятна на фотоотпечатке.*

Они имеют неправильную, но резко очерченную форму и располагаются чаще всего группой. Причина их появления — осаждение на эмульсионном слое фотоотпечатка ржавчины, образующейся в результате окисления водопроводных труб, плохо эмалированных кювет, железных щипцов для подвешивания фотоотпечатков и т. д.

Устранение. Иногда пятна обесцвечиваются в 5%-ном растворе соляной кислоты.

Предотвращение. Надевать на водопроводный кран мешочек из нескольких слоев марли.

7. *Серо-белая окраска эмульсионного слоя фотоотпечатка, имеющая сетчатую структуру.*

Такая окраска, называемая кальциевой сеткой, состоит из известковых солей, отложившихся в желатине слоя. Они образуются, когда фотографические растворы приготовляют на жесткой воде.

Устранение. Кальциевую сетку удаляют 0,5—1%-ным раствором соляной кислоты, в который на 2—3 *мин* погружают фотоотпечаток.

Предотвращение. 1. Вводить в проявитель умягчитель воды — трилон Б.

2. В последнюю смену промывной воды добавлять 2%-ный раствор уксусной кислоты из расчета 10 *мл* на 100 *мл* воды.

Темные пятна различной формы, черные точки, серые линии и полосы. Они состоят из металлического серебра, которое было восстановлено проявителем не от действия света при печати на светочувствительный слой фотобумаги, а в результате других причин, излагаемых ниже.

1. *Темные пятна неправильной формы на фотоотпечатке.*

Причина их образования — употребление старой, долго хранившейся фотобумаги, галогенное серебро светочувствительного слоя которой частично разложилось.

Исправление. Невозможно.

Предотвращение. Вести обработку в проявителе для завуалированных фотобумаг (стр. 299), если на пробном фотоотпечатке пятна имели очень незначительную оптическую плотность.

2. *Темно-серые, иногда черные линии и полосы.*

Линии, похожие на карандашные штрихи, получаются от трения, когда фотобумагу режут на мелкий формат ножом, а не ножницами. Широкие темно- или светло-серые полосы на фотоотпечатке появляются также от трения фотобумаги о край пакета, когда ее быстро вынимают. Они образуются и от давления на фотобумагу каким-либо предметом. Наконец, они вызываются небрежной сортировкой фотобумаги на фабрике, при которой допускалось трение листов.

Исправление. 1. Проявление в проявителе, уменьшающем образование этих линий и полос (стр. 298). 2. Местное ослабление ослабителем с красной кровяной солью на участках без изображения, имеющихся, например, на копиях чертежей. 3. Удаление протиркой ватным тампоном, смоченным в растворе:

Вода	**100** *мл*
Спирт этиловый	**50** *мл*
Нашатырный спирт	**30 капель**

Предотвращение. Фотобумагу разрезать не ножом, а ножницами и осторожно вынимать ее из пакета.

3. *Черные неправильной формы точки на фотоотпечатке.*

Образуются, во-первых, от восстановления галогенного серебра не полностью растворенными частицами проявляющего вещества, в результате чего около них происходит более интенсивное проявление по сравнению с соседними участками; во-вторых, когда на светочувствительный слой

фотобумаги перед проявлением попадают из-за неаккуратного обращения какие-либо химикалии.

Исправление. Удалить такие точки удается в редком случае ретушью.

Предотвращение. Приготовленные растворы фильтровать через вату. Следить за чистотой в лаборатории.

4. *Круглые, реже овальные темно-серые или черные пятнышки.*

Они образуются на высохшем позитиве вследствие фотолиза светом оставшегося галогенного серебра. Это галогенное серебро не было растворено тиосульфатом натрия из-за воздушного пузырька, прилипшего к эмульсионному слою фотоотпечатка, когда его погружали в закрепитель. Появление таких пятен через продолжительное время указывает, что воздушный пузырек образовался на эмульсионном слое при промывке фотоотпечатка.

Исправление. Только ретушью.

Предотвращение. Удалять кисточкой воздушные пузырьки, прилипшие к эмульсионному слою фотоотпечатка в закрепляющем растворе и при промывке.

5. *Темные пятна неправильной формы.*

Они появляются на изображении от фотолиза на свету галогенного серебра, оставшегося в эмульсионном слое фотоотпечатка, если по каким-либо причинам закрепитель его полностью не удалил. Например, когда фотоотпечатки слиплись или были частично не покрыты закрепителем и т.д.

Исправление. Невозможно.

Предотвращение. Проводить фиксирование, как указано в § 58.

6. *Темная сетка неправильной формы.*

Она возникает от ретикуляции, которая представляет собой сетчатый узор на фотоотпечатке (рис. 119). Ретикуляция часто наступает, когда фотоотпечаток после окончания проявления в проявителе с повышенным содержанием щелочи, способствующей размягчению и набуханию желатины слоя, споласкивают холодной водой или в стоп-растворе. Она также образуется, когда промывка ведется в воде более теплой, чем фотографические растворы, или от резкой разницы температур двух последовательных растворов. При ретикуляции попутно с образованием механического рельефа происходит передвижение серебра изображения.

Исправление. Невозможно.

Пятна различной формы без следов изображения. Они представляют собой участки на фотоотпечатке, на которых отсутствует металлическое серебро. Поэтому цве-

товой оттенок таких пятен зависит от окраски подложки фотобумаги. Он может быть чисто белым, кремовым, розоватым и т. д.

Причины появления таких пятен следующие.

1. *Круглые пятнышки.*

Образуются в двух случаях: во-первых, когда на фотобумагу или негатив осела крупная пыль, которая экра-

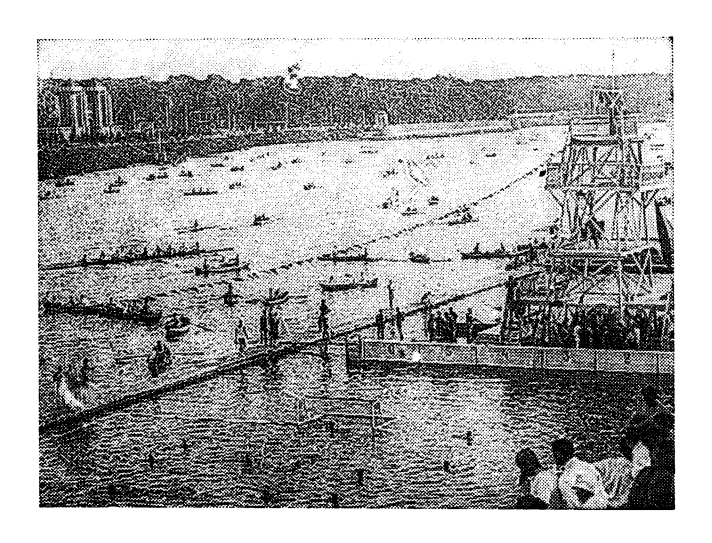


Рис. 119.
Фотоотпечаток с ретикуляцией

нировала действие света на светочувствительный слой фотобумаги, и, во-вторых, когда при погружении фотобумаги в проявитель к ее поверхности прилипли воздушные пузырьки, препятствующие проникновению проявителя в светочувствительный слой.

Исправление. Только ретушью.

Предотвращение. 1. С фотобумаги и негатива смахивать мягкой кисточкой пыль. 2. Образовавшиеся воздушные пузырьки немедленно удалять с поверхности фотобумаги мякотью пальца или кисточкой.

2. *Пятна неправильной формы.*

Возникают, во-первых, от попадания капель закрепителя или стоп-раствора на светочувствительный слой фотобумаги до ее проявления; во-вторых, от прикосновения к фотобумаге сальными руками и, в-третьих, от машинного

масла, каким-либо образом попавшего на фотобумагу до проявления.

Исправление. Только ретушью.

Предотвращение. Работать аккуратно в резиновых медицинских перчатках.

Механические повреждения эмульсионного слоя фотоотпечатка. Такие дефекты образуются главным образом от небрежной работы, нарушения технологии обработки фотобумаги, грязи в фотолаборатории и ряда других причин.

1. *На зеркально глянцевом фотоотпечатке образовались матовые пятнышки неправильной формы.*

Причины и устранения описаны в § 60.

2. *Пузыри на фотоотпечатке.*

Они образуются, во-первых, при большой разнице температур закрепителя и промывной воды или если закрепитель был слишком концентрированным или содержал много кислоты; во-вторых, если промывка велась под сильной струей воды, падавшей непосредственно на эмульсионный слой фотоотпечатка, и, в-третьих, при плохом качестве подложки и баритового слоя.

Исправление. Невозможно, в редких случаях на матовых фотоотпечатках пузырь можно заретушировать.

Предотвращение. Образование пузырей можно устранить, если уравнять температуру растворов; пользоваться правильно составленным закрепителем; после закрепления погружать фотоотпечатки на несколько минут в 10%-ный раствор поваренной соли, а затем их промывать.

3. *Волокна на эмульсионном слое фотоотпечатка.*

Они прилипают к эмульсионному слою, когда с фотоотпечатка полотном или фильтровальной бумагой снимают избыток воды перед сушкой.

Удаление. С высохшего фотоотпечатка волокна снимают полотняной тряпочкой, слегка смоченной денатурированным спиртом.

4. *Следы пальцев.*

Причины их образования те же, что и на негативах (см. стр. 77).

Исправление. Невозможно.

Предотвращение. 1. Фотобумагу брать только за уголок. 2. Работать в резиновых медицинских перчатках.

5. *Хрупкость эмульсионного слоя.*

Вызывается пересушиванием фотоотпечатка и приводит к образованию на нем трещин.

Исправление. Если на эмульсионном слое фотоотпечатка

образовались изломы, то устранить их невозможно. Когда их еще нет, то фотоотпечаток размачивают в воде и вновь сушат до нормального содержания остаточной влаги (10—12%).

6. *Налет грязи на фотоотпечатке.*

Во-первых, чаще всего он представляет собой кусочки желатины, прилипшей к эмульсионному слою фотоотпечатка. Особенно много их попадает в раствор, когда для печати фотобумагу большого формата рвут, а не разрезают на более мелкий формат. Во-вторых, налет образуется, когда не фильтруют проявитель и закрепитель, составленные из продуктов с механическими загрязнениями. Наконец, грязь может осесть на фотоотпечатке при промывке недостаточно чистой водой.

Исправление. Налет грязи с высохшего фотоотпечатка неудалим. С мокрого его легко смывают тампоном из ваты. Эту операцию производят под чистой водой, налитой в кювету.

7. *Сухой фотоотпечаток, сильно скрученный эмульсионным слоем внутрь.*

Скручивание вызывается большей усадкой эмульсионного слоя по сравнению с усадкой подложки при сушке, вследствие чего возникает неравномерность их натяжений, вызывающая скручивание. Чем тоньше подложка, тем интенсивнее свертывание.

Устранение. Фотоотпечаток выпрямляют, проводя с некоторым усилием несколько раз подложкой (не эмульсионным слоем!) по закругленному краю стола или доски. Затем фотоотпечаток помещают под пресс или на него кладут тяжелый предмет с ровной поверхностью. Если перед выпрямлением увлажнить эмульсионный слой фотоотпечатка, подышав на него, то выпрямление значительно ускоряется.

Предотвращение. Скручивание фотоотпечатка можно уменьшить, поместив его после промывки на 5 *мин* в раствор, состоящий из 1—2 частей глицерина и 10 частей воды. После чего фотоотпечаток сушат обычным способом.

8. *Фотоотпечаток с частично содранным эмульсионным слоем.*

Дефект образуется из-за приклеивания эмульсионного слоя фотоотпечатка к металлу пластинки, используемой для наката. Обычно это случается из-за грязи или жира на ее поверхности.

Устранение. Зеркально полированную поверхность пластинки перед первым употреблением надо промыть 10%-ным

теплым раствором соды, предварительно профильтровав его для удаления нерастворенных частиц. Затем ее споласкивают чистой водой и протирают замшей или мягкой тряпочкой. При дальнейшем использовании достаточно перед каждым накатом пластинку тщательно протирать денатурированным спиртом.

9. *На эмульсионном слое фотоотпечатка образовались подтеки, искажающие изображение.*

Образуются из-за плавления желатины, которое происходит, когда: а) сушка фотоотпечатков производилась на прямом солнечном свету или около отопительного прибора; б) нагревательный элемент электроглянцевального аппарата был перегрет; в) светочувствительный слой фотобумаги слабо задублен.

Исправление. Невозможно.

Предотвращение. а) сушить фотоотпечатки в помещении при температуре воздуха не свыше 25°; б) не перекаливать электроглянцевальный аппарат; в) фиксирование фотобумаги производить в дубящем закрепителе.

70. РЕТУШЬ ФОТООТПЕЧАТКОВ

Дефекты — темные точки, линии и полосы на фотоотпечатке ослабляют или полностью удаляют соскабливанием скребком. Однако широкие очень темные полосы и крупные темные пятна удалить соскабливанием очень трудно. Их легче устранить местным ослаблением (см. § 17).

Когда эти дефекты на фотоотпечатке светлого или почти белого тона, то их закрашивают тушью или анилиновой краской, подгоняя под тональность соседних деталей изображения.

Скребки и кисточки для ретуши позитивов употребляют такие же, как и для негативной ретуши (см. § 18).

Ретушь скребком. Такой ретуши обычно подвергают фотоотпечатки на глянцевой фотобумаге. Фотоотпечатки на матовой или полуматовой фотобумаге ретушировать этим способом значительно труднее, а на структурных сортах фотобумаг — невозможно, так как их эмульсионный слой при соскабливании крошится, что приводит к образованию белых царапин и пятнышек.

Скребком можно исправлять только очень сухой фотоотпечаток, поэтому, если эту работу производят в сырой день, то его предварительно надо подсушить над электроплиткой.

Техника ретуши соскабливанием несложна, но требует большого навыка, а главное, терпения. Поскольку толщина эмульсионного слоя фотоотпечатка составляет 0,01—0,02 *мм*, то ретушь будет незаметной только в том случае, если одним движением скребка снимают тончайшую пленку. Причем удалять дефект надо очень мелкими штрихами, которые должны быть неразличимыми с расстояния наилучшего зрения (25 *см*). Чем большим числом штрихов был удален дефект, тем незаметнее будет ретушь. Если соскабливать с нажимом, то скальпель снимет толстую пленку и оставленный им след примет вид царапины.

Ретушь фотоотпечатка скребком начинают с удаления темных точек, линий и полос. По ее завершении устанавливают, какие участки изображения имеют более высокую оптическую плотность по сравнению с общим тоном фотоотпечатка. При их наличии в первую очередь ретушируют наиболее плотный участок. Соскабливание начинают с проработки скребком его контура. После чего приступают к осветлению всей его площади, соскабливая с краев участка к центру.

Когда самые темные участки изображения ослаблены, переходят к усилению бликов, для чего последовательно снимают тонкие пленки желатины с эмульсионного слоя почти до баритового подслоя фотобумаги. У сильных бликов, особенно если они небольшого размера, эмульсионный слой снимают полностью.

На рис. 120 левая сторона кадра занята темным предметом, форма электролампы выявлена плохо, а правый стаканчик для карандашей сливается с фоном, что ухудшает вид снимка. На рис. 121 эти дефекты смягчены ретушью соскабливанием излишней плотности изображения.

Ретушь, тщательно выполненная соскабливанием, не видна, когда фотоотпечаток рассматривают под прямым углом. Но она всегда заметна, если на него смотреть под острым углом.

Этот недостаток ретуши можно уменьшить или полностью устранить, нанеся на поверхность фотоотпечатка тонкую пленку из желатины. Для этого приготовляют следующий раствор: 5 *г* пищевой желатины нарезают мелкими кусочками, насыпают их в стакан и заливают 100 *мл* остуженной кипяченой воды. Когда через 1—2 часа желатина набухнет, стакан помещают в горячую воду (45—50°), налитую в обыкновенную кастрюлю. В такой водяной бане желатина, предварительно набухшая в холодной воде, быстро расплавится. Чтобы ускорить этот процесс, реко-



Рис. 120.
Фотоотпечаток до ретуши



Рис. 121.
Фотоотпечаток после ретуши скребком

мендуется изредка помешивать жидкость стеклянной палочкой. Если до полного растворения желатины вода в кастрюле остынет, то ее заменяют новой порцией горячей воды.

Пока желатина растворяется, фотоотпечаток хорошо выпрямляют, затем его края без изображения загибают под прямым углом, а стыки бортиков соединяют на конус. Высота бортиков 8—12 *мм*. В результате чего фотоотпечаток принимает вид противня. Так подготовленный фотоотпечаток кладут на лист стекла несколько большего размера.

Готовый желатиновый раствор наливают в центр противня и немедленно начинают его разравнивать по поверхности фотоотпечатка, плавно наклоняя стекло в разные стороны. Для формата 13×18 *см* достаточно 8—10 *мл* раствора. После того как он равномерно покроет всю поверхность фотоотпечатка, стекло круто наклоняют в сторону одного из конусов и через него сливают избыток раствора. Эту операцию делают быстро. Затем стекло с лежащим на нем фотоотпечатком кладут на горизонтальную поверхность, на которой он остается до полного высушивания.

Высушенный фотоотпечаток приобретает равномерный глянец и после обрезки бортиков и увлажнения может быть накатан обычным способом на стекло или целлулоид. Если глянцевание производят электроглянцевальным аппаратом, то фотоотпечаток необходимо предварительно задубить, погрузив его на несколько минут в 3%-ный раствор формалина.

Вместо описанной обработки ретушированный фотоотпечаток можно лакировать, нанося на него казеиновую эмульсию. Лакируют широким флейцем, покрывая изображение один раз. После чего фотоотпечаток сушат обычным способом.

КАЗЕИНОВАЯ ЭМУЛЬСИЯ

Казеин	**100** *г*
Бура	**13,5** *г*
Формалин 40%-**ный**	**3** *мл*
Вода	**до 1** *л*

Казеин замачивают в воде в течение 8—10 часов, затем его нагревают до 65°, добавляют буру и размачивают до образования однородной массы. После чего казеиновой массе дают отстояться. Образовавшуюся над осадком жидкость осторожно сливают в другой сосуд и вводят в нее при

помешивании формалин. Казеиновая эмульсия сохраняется двое суток.

Ретушь порошком пемзы. При осветлении скребком больших плоскостей изображения трудно избежать заметных царапин. В этом случае лучше ретушировать очень мелким порошком пемзы. Небольшое количество порошка насыпают на исправляемый участок и мягким тампоном почти без нажима начинают его растирать. При этом направление движения тампона надо менять с кругового на прямолинейное и обратно. Только в этом случае создаваемые порошком пемзы мельчайшие царапины не образуют заметной для глаз линейной сетки. Этот способ дает лучший результат на матовых, полуматовых и зернистых фотобумагах, несколько худший — на глянцевых. Последние перед обработкой пемзой дополнительно глянцевать не следует, так как это затрудняет ретушь. Фотоотпечатки, обработанные порошком пемзы, можно покрывать казеиновой эмульсией или глянцевать обычным способом.

Ретушь кисточкой. Этот способ ретуши применяют для увеличения оптической плотности изображения и для устранения светлых пятен, точек и царапин.

Ретушь кисточкой производят черной анилиновой краской или китайской тушью. Лучше пользоваться первой, так как ее большая кроющая способность позволяет ретушировать почернения с любой оптической плотностью. Кроме того, анилиновая краска не вымывается из желатины, поэтому фотоотпечатки можно размачивать перед накатом для глянцевания, чего нельзя делать при ретуши тушью.

Ретушь анилиновой краской. Ретушевальную краску приготовляют из черной анилиновой краски, используемой для крашения хлопчатобумажной ткани.

АНИЛИНОВАЯ РЕТУШЕВАЛЬНАЯ КРАСКА

I.	**Черная анилиновая краска . . .**	**20 *г***
	Вода дистиллированная	**до 130 *мл***

После растворения краски жидкость в течение 2—3 часов отстаивают, затем фильтруют через вату.

II.	**Сахар-рафинад . . . .**	**5 *г***
	Борная кислота	**0,5 *г***
	Вода горячая дистиллированная	**20 *мл***

В первый раствор вливают второй, нагревают в стеклянной колбе и кипятят 5—7 *мин.* Затем жидкость охлаж-

дают естественным образом до комнатной температуры и разливают в склянки, в которых краска может длительно храниться.

Чаще всего так приготовленная анилиновая краска не имеет чисто черного цвета. Чтобы его получить, в раствор добавляют небольшие порции коричневой или ярко-зеленой анилиновой краски. Первую вводят, когда черная анилиновая краска имеет серо-голубоватый или зелено-

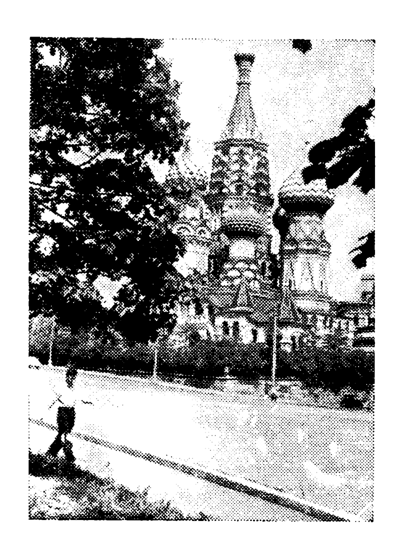


Рис. 122.
Фотоотпечаток до ретуши

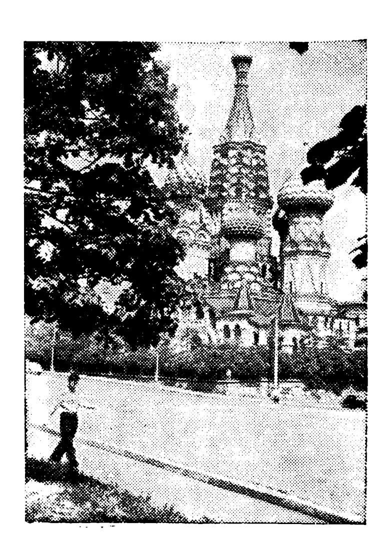


Рис. 123.
Фотоотпечаток после ретуши анилиновой краской

ватый оттенок, вторую — при красноватом ее оттенке. Краски, используемые для корректировки, приготовляют описанным способом.

Ретушь тушью. Для этой цели лучше пользоваться не готовой химической тушью, а раствором в воде сухой туши. Его приготавливают следующим образом: в стеклянное блюдечко для варенья наливают немного воды, в которой круговыми движениями начинают растирать палочку сухой туши до получения ее раствора необходимой концентрации и цвета.

Раствор туши имеет чисто темно-серый цвет. Изображение такой тональности у черно-белых фотоотпечатков встречается редко. Чаще всего он имеет тот или иной цветовой оттенок. Чтобы подогнать цвет раствора туши, в него до-

бавляют небольшое количество акварельной краски: парижской синей или темно-зеленой. Для ретуши фотоотпечатка, вирированного в тон сепии, в тушь добавляют жженую сиену или индийскую красную.

После высыхания тушь несколько меняет насыщенность тона, поэтому перед ретушью надо делать пробу на контрольном фотоотпечатке, по которой вносить нужные коррективы. Затем, высохнув, тушь становится матовой и, следовательно, заметной на фотоотпечатке. Тушь делают блестящей, добавляя в ее раствор несколько капель яичного белка, которые нужно тщательно размешать.

Иногда тушь очень плохо ложится на эмульсионный слой. Это вызывается следами жира на фотоотпечатке или сильной его задубленностью. В первом случае эмульсионный слой протирают мягким тампоном, смоченным очищенным бензином или спиртом. Во втором — погружают фотоотпечаток на несколько минут в 10%-ный раствор углекислого натрия, после чего его тщательно промывают и высушивают.

Техника ретуши кисточкой изложена в § 18. К описанным приемам надо добавить следующие: точки и полосы на глянцевых фотоотпечатках заделывают очень мелкими пятнышками, расположенными друг около друга без просветов, а на матовых и структурных фотобумагах — небольшими мазками. При этом надо помнить, что нельзя повторно накладывать краску, когда первый ее мазок на этом месте еще не высох (рис. 122 и 123).

71. НАКЛЕИВАНИЕ ФОТООТПЕЧАТКОВ

Фотоотпечатки часто наклеивают на паспарту — белый, серый или коричневый картон, ватман или цветную плотную бумагу определенного формата. Величина полей паспарту зависит от формата снимка. Как их рассчитать, ясно из рис. 124. Разумеется, возможны и другие соотношения полей паспарту, как это показано на рис. 125. Наклеивать фотоотпечаток рекомендуется фотоклеем, иначе на нем с течением времени могут образоваться пятна.

При отсутствии фабричного фотоклея его приготовляют по одному из следующих рецептов.

КРАХМАЛЬНО-ЖЕЛАТИНОВЫЙ КЛЕЙ

Крахмал картофельный	**11** *г*
Желатина пищевая	**2** *г*
Вода	**до 100** *мл*

Крахмал растворяют в 20 *мл* воды комнатной температуры, а желатину — в таком же объеме воды, подогретой до 45°. Затем 60 *мл* воды нагревают до кипения, вливают в нее при помешивании раствор крахмала и продолжают подогревать жидкость до получения полупрозрачного клейстера, после чего добавляют в него раствор желатины

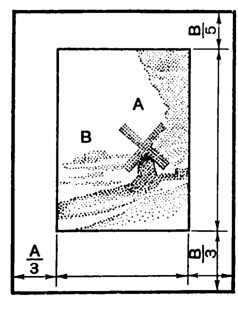


Рис. 124.
Расчет размера полей паспарту: *А* — горизонтального поля, *В* — вертикального

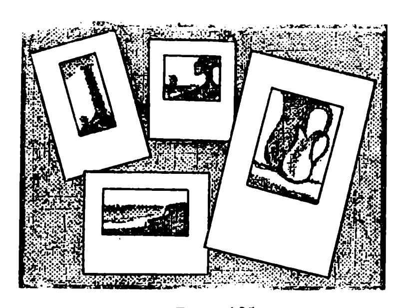


Рис. 125.
Различные положения фотоотпечатков на паспарту

и несколько капель фенола (карболовой кислоты). Смесь перемешивают, охлаждают и выливают в стеклянную банку, которую закупоривают.

ДЕКСТРИНОВЫЙ КЛЕЙ

Декстрин экстра	**100** *г*
Сахарный песок	**10** *г*
Квасцы алюмокалиевые	**3** *г*
Фенол 10%-ный	**3** *мл*
Вода	**100** *мл*

В 100 *мл* воды при 70—80° растворяют сахарный песок и алюмокалиевые квасцы. После их полного растворения небольшими порциями всыпают декстрин. Раствор надо помешивать до исчезновения комков декстрина. Образовавшийся клей нагревают при температуре, указанной выше, еще 15—20 *мин*. Затем его охлаждают до 50° и добавляют раствор фенола. Тщательно перемешивают и фильтруют через несколько слоев марли непосредственно в стеклянную банку, предназначенную для его хранения. Когда клей остынет до комнатной температуры, банку закупоривают пробкой.

Фотоотпечаток перед намазыванием клеем выпрямляют и кладут изображением вниз на лист бумаги или газету.

Клей наносят жесткой кистью, тщательно его разравнивая, так как оставшиеся комки клея всегда ясно заметны и очень портят вид снимка. Клей наносят на всю поверхность фотоотпечатка или им намазывают только его уголки.

Фотоотпечаток, намазанный клеем, кладут на паспарту, на котором мягким карандашом заранее намечено для него место. Затем на фотоотпечаток кладут лист чистой бумаги и плотно прикатывают к паспарту, после чего помещают под пресс.

Цвет паспарту выбирают в зависимости от тона фотоотпечатка. Снимки светлой тональности хорошо выглядят на темном паспарту, а темной — на светлом или белом. Лучший цвет паспарту — серый, коричневый и белый.

СОДЕРЖАНИЕ

3. ПОДГОТОВКА НЕГАТИВА К ПЕЧАТИ

4. ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ БУМАГА И ЕЕ СВОЙСТВА

5. ОСНОВЫ ПОЗИТИВНОГО ПРОЦЕССА

6. ПРОЕКЦИОННАЯ ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ ПЕЧАТЬ

7. УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ

8. КОНТАКТНАЯ ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ ПЕЧАТЬ

9. ОБРАБОТКА ФОТОГРАФИЧЕСКИХ БУМАГ

10. ТОНИРОВАНИЕ ФОТООТПЕЧАТКОВ

Яштолд-Говорко Всеволод Александрович

ПЕЧАТЬ ФОТОСНИМКОВ

Редактор В. С. Богатова.
Оформление Ю. А. Маркова.
Художественный редактор З. Я. Шарова.
Технический редактор Т. Б. Любина.
Корректоры Е. М. Станкевич
и Г. Г. Харитонова.

А10349. Сдано в набор 3/IV 1968 г. Подп. в печ. 25/IX 1968 г. Формат бумаги $84\times108/_{32}$. Бумага типографская № 1. Усл. л. 19,74. Уч.-изд. л. 19,43. Тираж 50 000 экз. Изд. № 16549. Заказ 2597.

Издательство «Искусство», Москва, К-51, Цветной бульвар, 25.

Ордена Трудового Красного Знамени Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР. Москва, Ж-54, Валовая, 28. Цена 1 р. 21 к.

1р. 21к.

